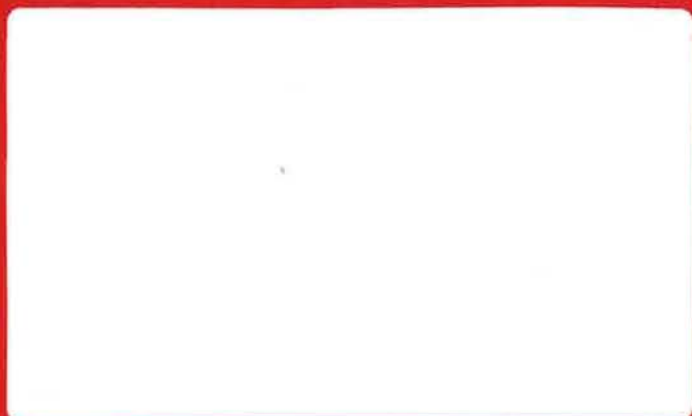


rijksuniversiteit gent

laboratorium voor
toegepaste geologie
en hydrogeologie

T60 34/42



LTC

geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 gent

telefoon 091-22.57.15

HYDROGEOLOGISCHE STUDIE
VAN DE
GEPLANDE MODERNISERINGSWERKEN
AAN HET
KEMPENS KANAAL NABIJ DE
BLAUWE KEI TE MOL-LOMMEL
TEKST



geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 gent

telefoon 091-22.57.15



GROEP voor
TOEGEPASTE EKOLOGIE

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

Verslag en studie : Lic. M. BUYSSE

Dr. L. LEBBE

Lic. M. VAN CAMP

Onderzoek : TGO 84/42

Datum : september 1986

INHOUD

Inhoud	I
Lijst der figuren	VI
Lijst der tabellen	VIII
Lijst der bijlagen	IX
Lijst der platen	X
DANKWOORD	XII
1. Algemeen	1
1.1. Inleiding	1
1.2. Ligging en topografie	2
1.3. Hydrografie	2
1.4. Geologie	4
1.4.1. Algemeen	4
1.4.2. Litologische beschrijving van de verschillende formaties	5
1.4.2.1. Klei van Boom (Formatie van de Rupel) Oligoceen)	5
1.4.2.2. Zanden van Voort (Formatie van Voort, Boven-Oligoceen)	5
1.4.2.3. Zanden van Antwerpen (Formatie van Berchem, Midden-Mioceen)	5
1.4.2.4. Zanden van Dessel (Formatie van Diest, Boven-Mioceen)	5
1.4.2.5. Zanden van Diest, (Formatie van Diest, Boven-Mioceen)	5
1.4.2.6. Zanden van Kasterlee (Formatie van Kasterlee, Onder-Plioceen)	6
1.4.2.7. Zanden van Mol (Formatie van Mol, Boven-Plioceen)	6
1.4.2.8. Kwartair, Jong-Pleistoceen	6
1.4.3. Geologische doorsneden	7

2. Beschikbare gegevens en uitgevoerde werkzaamheden	8
2.1. Verzameling van de beschikbare gegevens	8
2.1.1. Kaarten	8
2.1.2. Luchtfoto's	9
2.1.3. Literatuurgegevens	9
2.1.4. Puntgegevens	9
2.1.5. Gegevens in verband met de geplande moderniseringswerken	9
2.2. Opzoeken van bestaande peilputten	10
2.3. Opmeten van bodempeilen van grachten en plassen	10
2.4. Boringen	11
2.4.1. Algemeen	11
2.4.2. Diepe boringen	11
2.4.3. Ondiepe boringen	12
2.4.4. Geofysische boorgatmetingen	13
2.5. Waterpassing van het hydrologisch meetnet	13
2.6. Opmeten van peilen van grond- en oppervlaktewater	14
2.7. De pompproef	14
2.7.1. Algemeen	14
2.7.2. Watermonsternamen	15
2.8. Grondbemonstering ter bepaling van de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0	16
3. Resultaten	17
3.1. Dokumentatie (plaat 1)	17
3.2. Hydrografie	18
3.2.1. Algemeen	18
3.2.2. Irrigatiegrachten	19
3.2.3. Plassen en kanalen	20
3.2.4. Natuurlijke waterlopen	21
3.2.5. Kartografische voorstelling	21
3.3. Hydrogeologie	21
3.3.1. Hydrolitologische karakterisatie	21
3.3.1.1. De Klei van Boom (plaat 3)	22
3.3.1.2. Het ligniet- en kleikomplex (plaat 4)	22
3.3.1.3. Dikte van de halfafgesloten watervoerende laag (Laag 1, plaat 5)	23
3.3.1.4. Dikte van de bovenste watervoerende laag (Laag 2) (Plaat 6)	25

3.3.1.5. Geologische doorsneden (plaat 7 en 8)	26
3.3.2. Stijghoogten in de freatische watervoerende laag (plaat 9 en 10)	27
3.3.3. Hydraulische parameters	28
3.3.3.1. Bepaling van de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 uit de granulometrie en Pf-kurven	28
3.3.3.1.1. Granulometrie	28
3.3.3.1.2. Pf-kurven	29
3.3.3.2. De pompproeven	29
3.3.3.2.1. Inleiding	29
3.3.3.2.2. Pompproeven 1 en 2 te Mol-Rouw	30
3.3.3.2.2.1. Hydrologie	30
3.3.3.2.2.2. Uitvoering van de pompproeven	31
3.3.3.2.2.3. Interpretatie van de pompproefgegevens met een matematische model	31
3.3.3.2.2.3.1. Algemeen	31
3.3.3.2.2.3.2. Methode	31
3.3.3.2.2.3.3. Werkwijze en resultaten	33
3.3.3.2.3. Pompproef 3 te Mol, Blauwe Kei	34
3.3.3.2.3.1. Inleiding	34
3.3.3.2.3.2. Hydrologie	34
3.3.3.2.3.3. Uitvoering van de pompproef 3 te Mol Blauwe Kei	35
3.3.3.2.3.4. Interpretatie van de pompproefgegevens	35
3.3.3.2.3.4.1. Correcties op de gemeten waarden	35
3.3.3.2.3.4.2. Grafische bepaling van de hydraulische parameters	36
3.3.3.2.3.4.3. Bepaling van de hydraulische parameters met een mathematisch model	37
3.3.4. Waterkwaliteit	38
3.3.4.1. Inleiding	38
3.3.4.2. Resistiviteit van het water	39
3.3.4.3. Watermonsters	39
3.4. Het mathematisch model	40
3.4.1. Algemene beschrijving	40
3.4.2. Principes van het model	41
3.4.2.1. Indeling in cellen	41

3.4.2.2. Het studiegebied en de grensvoorwaarden	41
3.4.2.3. De hydraulische parameters	42
3.4.2.4. Infiltratie	43
3.4.2.5. Pumpingen en injecties	43
3.4.2.6. Punten met vaste stijghoogte	43
3.4.2.7. Waterlopen	43
3.4.3. Het invoeren van de gegevens	44
3.4.3.1. Algemeen	44
3.4.3.2. Invoer van de basisgegevens	45
3.4.3.2.1. Schematisatie van het grondwaterreservoir	45
3.4.3.2.2. Ingevoerde hydraulische parameters	46
3.4.3.2.2.1. De hydraulische doorlatendheid	46
3.4.3.2.2.2. De hydraulische weerstand	48
3.4.3.3. Infiltratie	48
3.4.3.4. Pumpingen	49
3.4.3.5. Vaste stijghoogten (plassen en kanalen)	49
3.4.3.6. Irrigatiegrachten	49
3.4.3.6.1. Algemeen	49
3.4.3.6.2. Invoering van de irrigatiegracht	49
3.4.3.7. Planning van de moderniseringswerken	51
3.4.3.7.1. Algemeen	51
3.4.3.7.2. Bouw van de nieuwe sluis 1	52
3.4.3.7.3. Vernieuwing van de oude sluis III	53
3.4.3.7.4. Wijziging van het kanaaltracé	53
3.4.3.8. Uitgevoerde simulaties	53
3.4.4. Voorstelling van de berekende gegevens	54
3.4.5. Simulatie 1 : toestand voor de moderniseringswerken	55
3.4.5.1. Invoer van de gegevens	55
3.4.5.2. Berekende gegevens	55
3.4.6. Simulatie 2 : Bouwput, pumping in laag 2	57
3.4.6.1. Invoering van de gegevens	57
3.4.6.2. Berekende gegevens	58
3.4.7. Simulatie 3, pumping in laag 2 en laag 1	59
3.4.7.1. Invoering van de gegevens	59
3.4.7.2. Berekende gegevens	59

3.4.8. Simulatie 4, pomping in laag 2 met retour- irrigatie	60
3.4.8.1. Invoer van de gegevens	60
3.4.8.2. Berekende gegevens	60
3.4.9. Simulatie 5, toestand na de moderniserings- werken	61
3.4.9.1. Invoer van de gegevens	61
3.4.9.2. Berekende gegevens	62
4. Besluiten	64

Referenties

LIJST DER FIGUREN

- Figuur 1 : Ligging van het studiegebied met aanduiding van de gemeenten MOL en LOMMEL
- Figuur 2 : Ligging van de voornaamste plassen en kanalen en het irrigatiekanaal naar Postel
- Figuur 3 : Ligging van de sluizen I, II en III op het Kempens kanaal en de daarbijhorende vlotpeilen
- Figuur 4 : Profiel van boring nr. 341 (dossier 31E) van de Geologische Dienst van België.
- Figuur 5 : Geologische N-S-doorsnede doorheen de provincie Antwerpen.
- Figuur 6 : Geologische W-E-doorsnede doorheen de provincie Antwerpen.
- Figuur 7 : Ligging van de peillatten en de bestaande peilbuizen.
- Figuur 8 : Ligging van de boringen SB1 tot SB11, uitgevoerd door het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie.
- Figuur 9 : Schematische voorstelling van een peilput.
- Figuur 10 : Schematische voorstelling van de ligging van de pomp-proefsite en situering van monsternamplaats ter bepaling van de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 .
- Figuur 11 : Herkomst van de monsters uit de Klei van Boom.
- Figuur 12 : Kumulatieve kurven van monsters uit de Klei van Boom.
- Figuur 13 : Herkomst van de monsters uit het ligniet- en kleikomplex.
- Figuur 14 : Kumulatieve kurven van de monsters (klei) uit het ligniet-en kleikomplex.
- Figuur 15 : Herkomst van de monsters uit de halfafgesloten watervoerende laag.
- Figuur 16 : Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Voort.
- Figuur 17 : Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Antwerpen en Dessel.
- Figuur 18 : Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Diest.
- Figuur 19 : Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Kasterlee.
- Figuur 20 : Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Mol MI

- Figuur 21 : Herkomst van de monsters uit de freatische watervoerende laag.
- Figuur 22a: Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Mol. MII
- Figuur 22b: Kumulatieve kurven van de monsters uit de kwartaire dekzanden
- Figuur 23 : Verband tussen porositeit, specifiek debiet, specifiek ophoudingsvermogen en d_{90} .
- Figuur 24 : Pf-kurven van de ongeroerde monsters, ontnomen in de freatische watervoerende laag nabij de watertafel.
- Figuur 25 : Geologische bouw van de pompproefsite te Mol-Rouw (met aanduiding van de filters en de lagen in het model).
- Figuur 26 : Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijnen) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef 1 te Mol-Rouw.
- Figuur 27 : Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijn) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef 2 te Mol-Rouw.
- Figuur 28 : Schematische voorstelling van de lagen en de diepten van de filters van de peilbuizen en de pompput alsook hun onderlinge afstand van de pompproefsite te Mol, Blauwe Kei
- Figuur 29 : Verlagingen tijdens de pompproef te Mol, Blauwe Kei.
- Figuur 30 : Maximale verlagingen tijdens de pompproef te Mol, Blauwe Kei.
- Figuur 31 : Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijn) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef 3 te Mol, Blauwe Kei.
- Figuur 32 : Piperdiagram van de wateranalysen.
- Figuur 33 : Schema van het grondwaterreservoir in het mathematisch model.
- Figuur 34 : Eindig-verschil netwerk.
- Figuur 35 : Ligging van de grenzen in een eenvoudig rechthoekig studiegebied .
- Figuur 36 : Ligging van de sluizen I, II en III en de geplande nieuwe sluis 1 op het Kempens Kanaal en de daarbij-horende vlotpeilen.
- Figuur 37 : Dwarsdoorsnede van de bouwput voor de aanleg van de nieuwe sluis 1.

LIJST DER TABELLEN

- Tabel 1 : Overzicht van de beschikbare puntgegevens
- Tabel 2 : Overzicht van de bestaande en geplaatste peilputten in het studiegebied
- Tabel 3 : Peillatten en vaste punten van het hydrologisch meetnet in het studiegebied.
- Tabel 4 : Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen
- Tabel 5 : Ontstaan, gemiddeld bodempeil, gemiddeld waterpeil en oppervlaktewateraan en -afvoer van de plassen in het studiegebied.
- Tabel 6 : Kenmerken van de Klei van Boom.
- Tabel 7 : Verklaring van de symbolen aangewend bij de tabellen met korrelverdeling en grondmechanische eigenschappen
- Tabel 8 : Kenmerken van het ligniet- en kleikomplex.
- Tabel 9 : De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 afgeleid uit de grafiek van ECKIS
- Tabel 10 : Hoeveelheid water (volume %) vastgehouden in het monster bij verschillende zuigspanningen en de berekende bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 .
- Tabel 11 : Ingevoerde hydraulische parameters waarbij de gemeten verlagingen het best benaderd worden (pompproeven 1 en 2)
- Tabel 12 : Doorlatendheden van de Zanden van Mol MI en MII bepaald in het Laboratorium van het Rijksinstituut voor Grondmechanica.
- Tabel 13 : Hydraulische parameters afgeleid volgens verschillende grafische interpretatiemethodes voor de pompproef 3 te Mol, Blauwe Kei.
- Tabel 14 : Ingevoerde hydraulische parameters waarbij de gemeten verlagingen het best benaderd worden (pompproef 3)
- Tabel 15 : Gemeten resistiviteiten van het opgepompte water uit G SB1, G SB2, G SB5, G SB6.
- Tabel 16 : Voornaamste resultaten van de wateranalyse.

BIJLAGEN :

Bijlage 1 : Legende van de litologie.

Bijlage 2 : Liggingssplans van de peilputten.

Bijlage 3 : Boorbeschrijvingen van de boringen SB 1 tot en met
SB 11.

Bijlage 4 : Geofysische boorgatmetingen van de boringen SB 1, SB 7,
SB 8, SB 9, SB 10, SB 11.

LIJST DER PLATEN

- Plaat 1 : Dokumentatie
- Plaat 2 : Hydrografie
- Plaat 3 : Top van de Klei van Boom
- Plaat 4 : Top van het ligniet- en kleikomplex
- Plaat 5 : Dikte van de halfafgesloten watervoerende laag (laag 1)
- Plaat 6 : Dikte van de bovenste watervoerende laag (laag 2)
- Plaat 7 : Geologische doorsnede AA'
- Plaat 8 : Geologische doorsnede BB'
- Plaat 9 : Stijghoogte in de freatische watervoerende laag op
18.04.1986
- Plaat 10 : Stijghoogte in de freatische watervoerende laag op
05.07.1986
- Plaat 11 : Ingevoerde gegevens, toestand voor de moderniserings-
werken
- Plaat 12 : Ingevoerde gegevens, toestand na de moderniseringswerken
- Plaat 13 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in
de freatische watervoerende laag, simulatie 1.
- Plaat 14 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in
de halfafgesloten watervoerende laag en vertikale
stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende
laag, simulatie 1.
- Plaat 15 : Berekend stijghoogteverschil tussen de freatische en
de halfafgesloten watervoerende laag, simulatie 1.
- Plaat 16 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen
in de freatische watervoerende laag, simulatie 2.
- Plaat 17 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in
de halfafgesloten watervoerende laag en vertikale
stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende
laag, simulatie 2.
- Plaat 18 : Berekende verlaging in de freatische watervoerende laag
tengevolge van pumping in laag 2, simulatie 2.
- Plaat 19 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in
de freatische watervoerende laag, simulatie 3.
- Plaat 20 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in
de halfafgesloten watervoerende laag en vertikale
stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende
laag, simulatie 3.

- Plaat 21 : Berekende verlaging in de freatische watervoerende laag tengevolge van pumping in laag 1 en laag 2, simulatie 3.
- Plaat 22 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de freatische watervoerende laag, simulatie 4.
- Plaat 23 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de halfafgesloten watervoerende laag en verticale stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende laag, simulatie 4.
- Plaat 24 : Berekende verlaging in de freatische watervoerende laag tengevolge van pumping in laag 2 met retour-irrigatie, simulatie 4.
- Plaat 25 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de freatische watervoerende laag, simulatie 5.
- Plaat 26 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de halfafgesloten watervoerende laag en verticale stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende laag, simulatie 5.
- Plaat 27 : Berekend stijghoogteverschil tussen de freatische en de halfafgesloten watervoerende laag, simulatie 5.
- Plaat 28 : Berekende verlaging in de freatische watervoerende laag tengevolge van de nieuwe sluis 1 en het nieuwe kanaaltracé.

DANKWOORD

Talrijke personen en instellingen hebben ertoe bijgedragen dat deze studie tot een goed einde werd gebracht. Hierbij willen wij deze dan ook hartelijk bedanken.

Wij denken vooral aan :

- de heer ir. VAN DEN BERGH, Hoofdingenieur-direkteur van Bruggen en Wegen en Eerstaanwezend Ingenieur VAN DROOGEN-BROECK, Dienst van het Albertkanaal en van de kanalen in de provincie Antwerpen en Limburg, Bestuur der Waterwegen van het Ministerie van Openbare Werken
 - de heer ir. M. BRUYNDONCKX, Hoofdingenieur-directeur van de technische diensten, Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen
 - de heer ir. VANHOOYMISSEN, Hoofdingenieur-directeur, Technische Wegendienst Provincie Limburg
 - de heer P. LAGA, e.a. geoloog, Belgische Geologische Dienst
 - de heer EMSSENS, S.C.R. SIBELCO
 - de heer RUITERS, S.C.R. SIBELCO
 - de heer HUYGGHEBAERT, S.C.R. SIBELCO
-
- het Nationaal Geografisch Instituut
 - het Rijksinstituut voor Grondmechanica
 - het Koninklijke Meteorologisch Instituut.

1. ALGEMEEN

1.1. Inleiding

Op 18 april 1985 werd door de Groep voor Toegepaste Ekologie,* J. Waterloo Wilsonstraat, 29, 1040 Brussel, vertegenwoordigd door haar Voorzitter Prof. Dr. R. VERHEYEN opdracht gegeven aan de Rijksuniversiteit Gent, Sint-Pietersnieuwstraat, 25, 9000 Gent, vertegenwoordigd door de heer Rector Prof. Dr. A. COTTENIE en de verantwoordelijke van de onderzoekseenheid, Prof. Dr. W. DE BREUCK, Geologisch Instituut, Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie**, om over te gaan tot een hydrogeologisch onderzoek in het kader van een "Ekohydrologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel".

De moderniseringswerken, die tot doel hebben het gabariet van deze vaarweg op 1350 ton te brengen, bestaan in de omgeving van de Blauwe Klei te Mol-Lommel uit het graven van een nieuw kanaaltracé, de bouw van een nieuwe sluis en de vervanging van een oude sluis door een nieuwe grotere sluis.

Teneinde de omvang van de grondwaterpeilveranderingen in natuurlijke en/of door de mens teweeggebrachte omstandigheden te kunnen schatten wordt van het gebied een mathematisch driedimensioneel model gemaakt. Hierdoor is het mogelijk de grondwaterstroming en de evolutie van het grondwaterpeil in verschillende omstandigheden te simuleren.

* verder afgekort tot G.T.E.

** verder afgekort tot L.T.G.

1.2. Ligging en topografie

Het studiegebied (fig. 1) met een oppervlakte van 1130 ha bevindt zich op de kaartbladen Mol 17/2 en Lommel 17/3 van de topografische kaart van het N.G.I. en behoort tot de gemeenten Mol (Provincie Antwerpen) en Lommel (Provincie Limburg).

De grootte en ligging van het studiegebied werd gekozen in functie van het model en de ligging van de geplande nieuwe sluis.

Centraal in het studiegebied bevindt zich het Kempens Kanaal (ook het kanaal van Bocholt naar Herentals) en de Blauwe Kei waar de geplande moderniseringswerken gesitueerd zijn. Andere belangrijke waterlopen zijn het irrigatiekanaal naar Postel en het Kanaal naar Beverlo.

In het westen van het studiegebied loopt de verkeersweg Balen-Postel, ten zuiden ervan de verkeersweg Mol-Lommel.

Het reliëf daalt gelijkmatig van ongeveer +45* in het oosten naar +31* in het westen. De enkele heuvels die plaatselijk langs het Kempens Kanaal voorkomen zijn ophopingen met zand afkomstig van calibratiewerken en lignietontginningen.

1.3. Hydrografie

De hydrografie van het beschouwde studiegebied wordt hoofdzakelijk bepaald door de kanalen en de daarmee in verbinding staande irrigatienetwerken en plassen (fig. 2; zie ook plaat 2).

Het gebied behoort tot de stroombekkens van de Grote en de Kleine Nete. Met uitzondering van de Rietreienloop komen geen natuurlijke waterlopen voor. Twee bevaarbare kanalen, ener-

* Alle peilen zijn in meter aangegeven t.o.v. het referentievlak T.A.W. (Tweede Algemene Waterpassing) van het N.G.I. (Nationaal Geografisch Instituut)

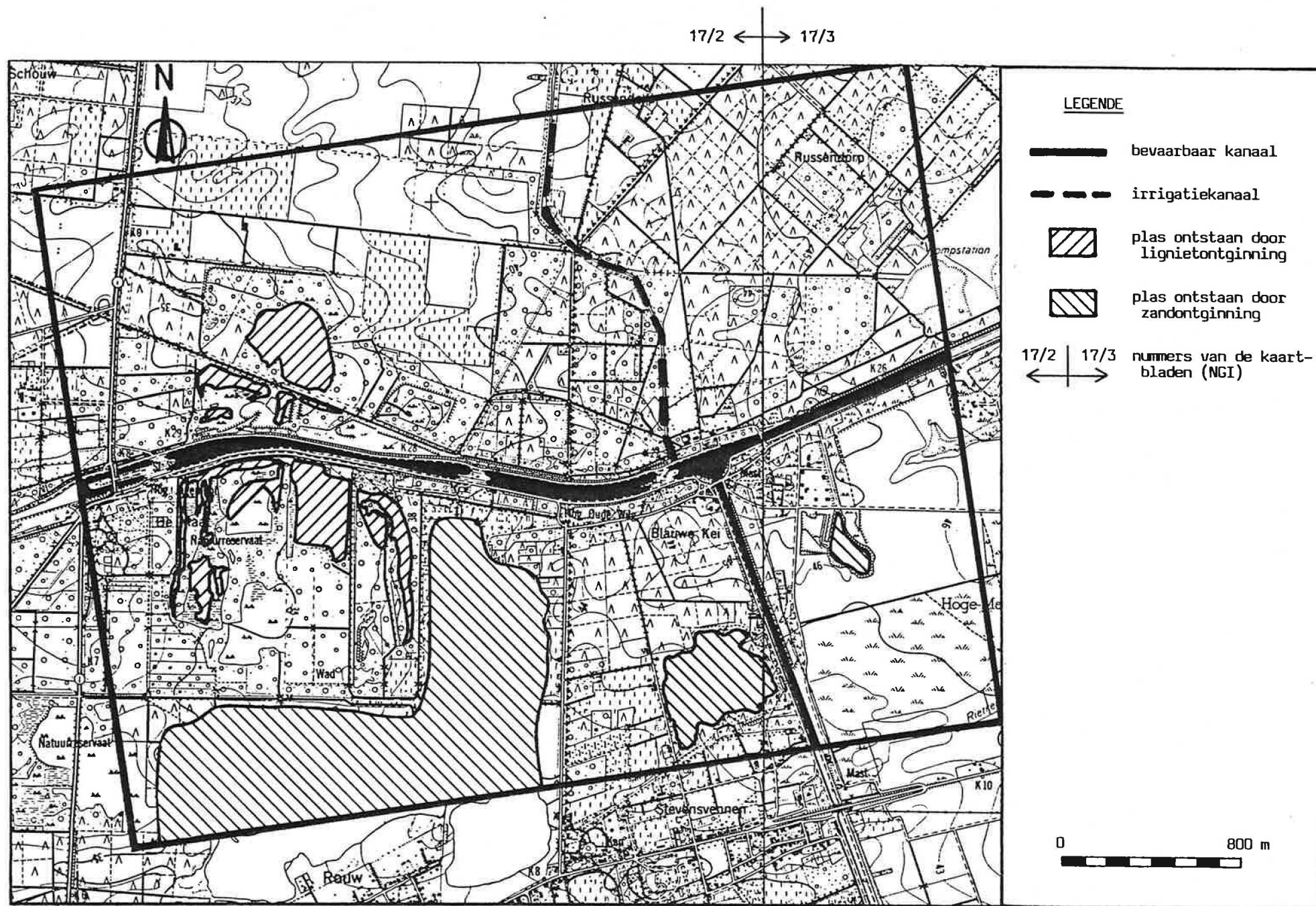


Fig. 2 - Ligging van de voornaamste plassen en kanalen en het irrigatiekanaal naar Postel.

zijds het Kempens Kanaal dat de verbinding vormt tussen de Maas en de Schelde en anderzijds het Kanaal naar Beverlo, doorkruisen het studiegebied. Verder is een uitgebreid irrigatienetwerk aanwezig dat met deze kanalen in verbinding staat en komen enkele grote en kleinere plassen voor als gevolg van zand- en/of lignietontginningen.

Het Kempens Kanaal is hier ingedeeld in vier panden door de sluizen I, II en III (fig. 3). Ten oosten van sluis I vertrekt het Kanaal naar Beverlo vanaf de wachtkom aan de Blauwe Kei zuidwaarts naar Beverlo. In noordelijke richting vertrekt, eveneens vanaf deze wachtkom, een belangrijk irrigatiekanaal naar Postel.

De stroomrichtingen op het Kempens Kanaal, het Kanaal naar Beverlo en het irrigatiekanaal naar Postel zijn respectievelijk oost-west, noord-zuid en zuid-noord.

De gebieden ten noorden van het Kempens Kanaal worden bevoloed door een uitgebreid irrigatiestelsel dat op verschillende plaatsen water aftapt van het "irrigatiekanaal naar Postel". Dit kanaalwater stroomt, via dit irrigatiestelsel enkele kilometers verder westwaarts terug in het Kempens Kanaal en in het kanaal Kwaadmechelen-Turnhout.

Ten zuiden van het Kempens Kanaal vormt het plassencomplex van "De Maat" en van "Rouw" één doorstroomstelsel met aanvoer van water via meerdere irrigatiegrachten met aftappunten op het Kempens Kanaal nabij de wachtkom van de Blauwe Kei en op het kanaal naar Beverlo.

Ten noorden van het Kempens Kanaal bevinden zich ook enkele aangelegde afwateringsgrachten.

De functie en het verloop van het irrigatienetwerk worden

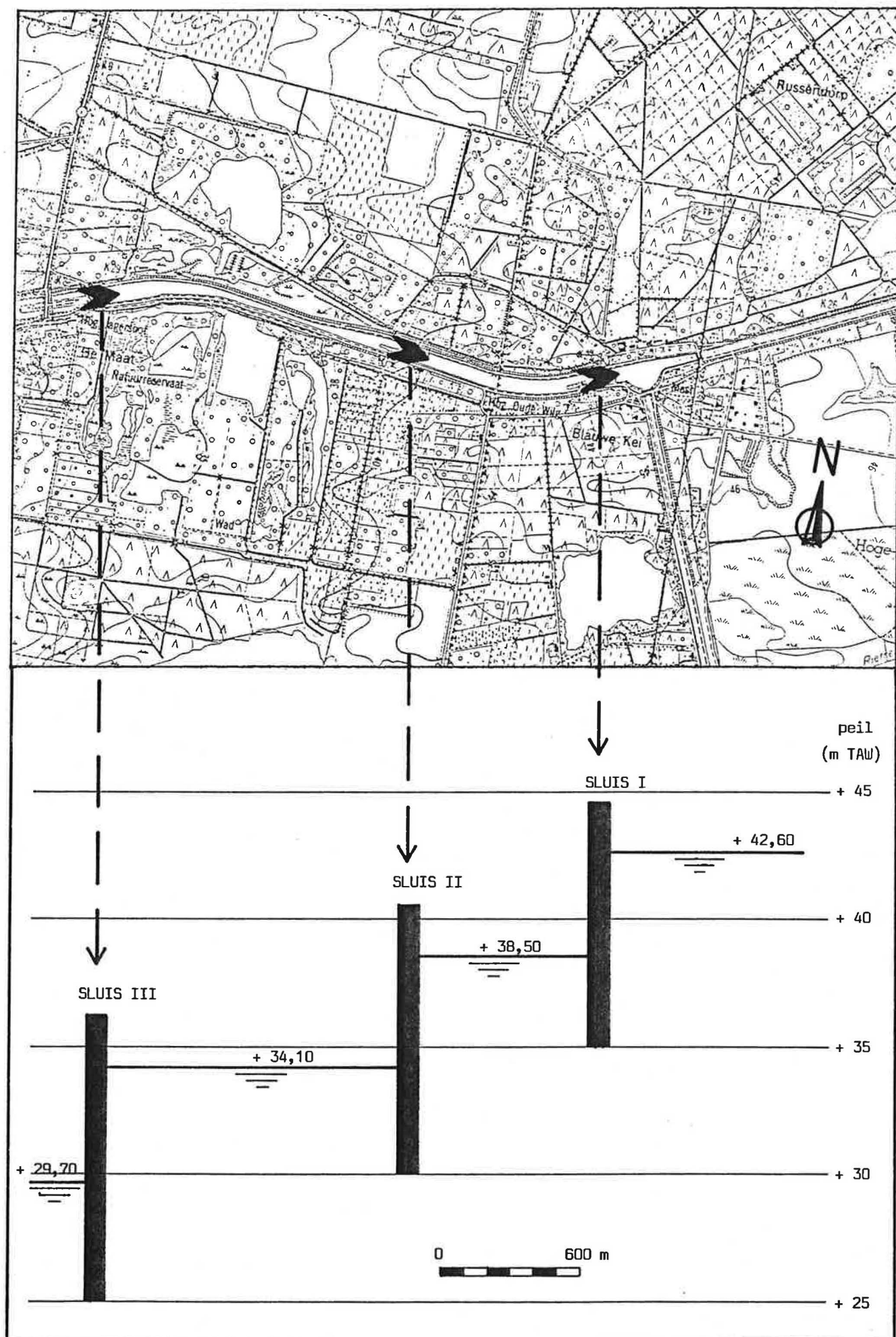


Fig. 3 - Ligging van de sluizen I, II en III op het Kempens kanaal en de daarbijhorende vlotpeilen.

behandeld in hoofdstuk 3.

1.4. Geologie

1.4.1. Algemeen

Te Lommel "Russendorp", in het noordoosten van het studiegebied werd vanop het peil +42,89 een boring* geslagen van 596 m diep. Dit gaf tot 502 m het volgende boorprofiel (fig. 4).

	diepte (m)	
	van	tot
Kwartair, Maasterras	0,0	7,0
Formatie van Mol	7,0	57,0
Formatie van Kasterlee	57,0	92,0
Formatie van Diest	92,0	207,0
Zanden van Dessel	207,0	244,5
Formatie van Berchem	244,5	319
Formatie van Voort	319	368
Formatie van de Rupel		
Klei van Boom	368	502

De gebruikte litostratigrafische benamingen zijn afkomstig van DE MEUTER, F. en LAGA, P. (1976).

Uit dit profiel blijkt dat een zandig complex van 368 m dikte rust op een kleiig complex van 130 m. Het zandig complex bestaat achtereenvolgens van onder naar boven uit de Zanden van Voort, Zanden van Antwerpen, Zanden van Dessel, Zanden van Diest, Zanden van Kasterlee en Zanden van Mol, plaatselijk bedekt door enkele meters jong-kwartaire afzettingen. In het bestek van deze studie kan de Klei van Boom als basis worden beschouwd en hebben de diepere lagen geen invloed.

* boring nr. 341 van het dossier 31E van de Belgische Geologische Dienst

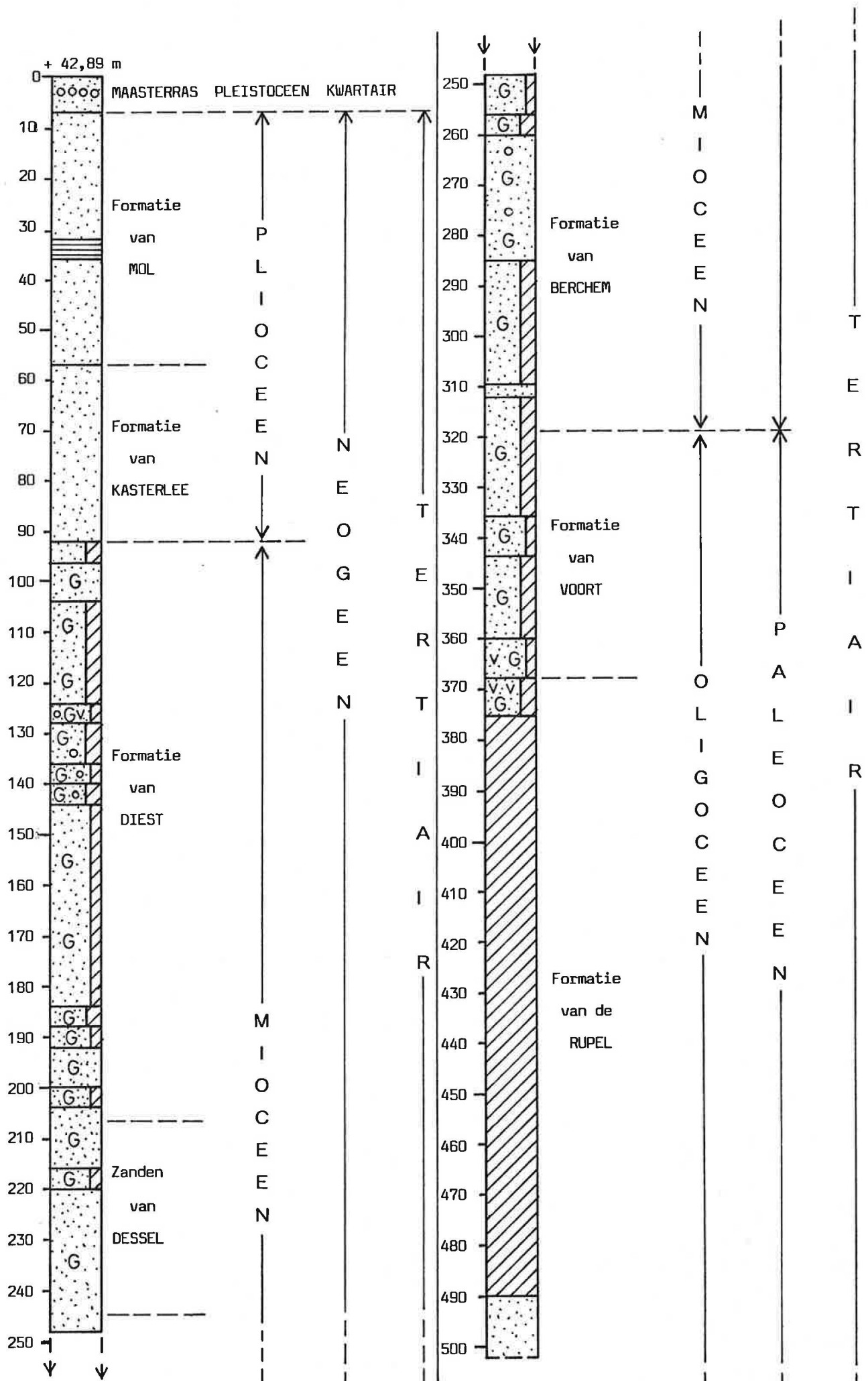


Fig. 4 - Profiel van boring nr. 341 (dossier 31E) van de Geologische Dienst van België.
(legende van de litologie zie bijlage 1)

1.4.2. Litologische beschrijving van de verschillende formaties

1.4.2.1. Klei van Boom (Formatie van de Rupel, Oligoceen)

Litologisch bestaat de Klei van Boom uit een stijve klei. De top van de Klei van Boom helt in noord-noordoostelijke richting met een helling van ca. 3 à 4%. De dikte neemt ook toe in deze richting.

1.4.2.2. Zanden van Voort (Formatie van Voort, Boven-Oligoceen)

De Zanden van Voort bestaan voornamelijk uit donkergroene glaukoniet- en fossielhoudende fijne zanden naar boven toe overgaand in glaukoniethoudende kleihoudende fijne zanden.

1.4.2.3. Zanden van Antwerpen (Formatie van Berchem, Midden-Mioceen)

De Zanden van Antwerpen bestaan uit donkergroene tot zwarte glaukonietrijke (40-80%) goed gesorteerde fijne tot middelmatige kleihoudende zanden met plaatselijk dikke schelplagen.

1.4.2.4. Zanden van Dessel (Formatie van Diest, Boven-Mioceen)

De Zanden van Dessel bestaan uit grijsgroene foraminiferenrijke glimmer- en glaukoniethoudende goed gesorteerde zeer fijne zanden. Onderaan bevindt zich een duidelijk ontwikkeld basisgrint.

1.4.2.5. Zanden van Diest (Formatie van Diest, Boven-Mioceen)

De Zanden van Diest bestaan uit grijsgroene glaukoniethoudende (20-40%), plaatselijk kleihoudende, meestal heterogene fijne tot grove zanden met lagen ijzerzandsteen.

1.4.2.6. Zanden van Kasterlee (Formatie van Kasterlee, Onder-Plioceen)

De Zanden van Kasterlee bestaan uit grijze glimmerhoudende weinig glaukoniethoudende fijne zanden met soms lenzen glimmerhoudende klei. De basis van deze formatie zou bestaan uit een kleilaag.

1.4.2.7. Zanden van Mol (Formatie van Mol, Boven-Plioceen)

De Zanden van Mol bestaan uit witte fijne tot middelmatige zanden met talrijke grofzandige niveau's en glimmerhoudende kleilenzen. Plaatselijk hebben deze witte zanden als gevolg van ligniethuidjes een donkerbruin tot zwart uitzicht (koffiegruis). Een lignietlaag (in de volksmond : "sprietlaag") die rust op een kleilaag (hierna "het ligniet- en kleikomplex" genoemd) verdeelt de Zanden van Mol in een onderste complex MI en een bovenste complex MII.

In het noordoosten wijzen enkele bestaande boringen op het plaatselijk voorkomen van een tweede lignietlaag van ca. 0,5 tot 2,0 m dik in de Zanden van Mol MII.

1.4.2.8. Kwartair, Jong-Pleistoceen

De afzettingen boven de Zanden van Mol zijn meestal minder dan 2 m dik. Het faciës is zeer wisselend van karakter; van zeer fijn tot grof zand met klei- en veenlenzen, grintbanken en keien tot 1000 mm diameter. Naar het noordoosten toe gaan deze afzettingen over in het terrasgrint van de Maas.

1.4.3. Geologische doorsneden

Twee geologische doorsneden stellen de algemene bouw voor van de tertiaire lagen in de provincie Antwerpen (figuren 5 en 6). De ligging van het studiegebied is aangegeven.

De top van de Klei van Boom helt naar het NNE en de dikte van de neogene deklagen neemt toe in dezelfde richting.

Vanaf Mol-Rouw naar het oosten toe komen enkele belangrijke breuken voor waarvan de uitbreiding in de diepte alsook de uitgestrektheid onvolledig gekend zijn. Eén van de belangrijkste breuken nl. de "Breuk van Rouw" loopt dwars doorheen het studiegebied. Deze breuken zijn in verband te brengen met de ontstaansgeschiedenis van het Rijnbekken.

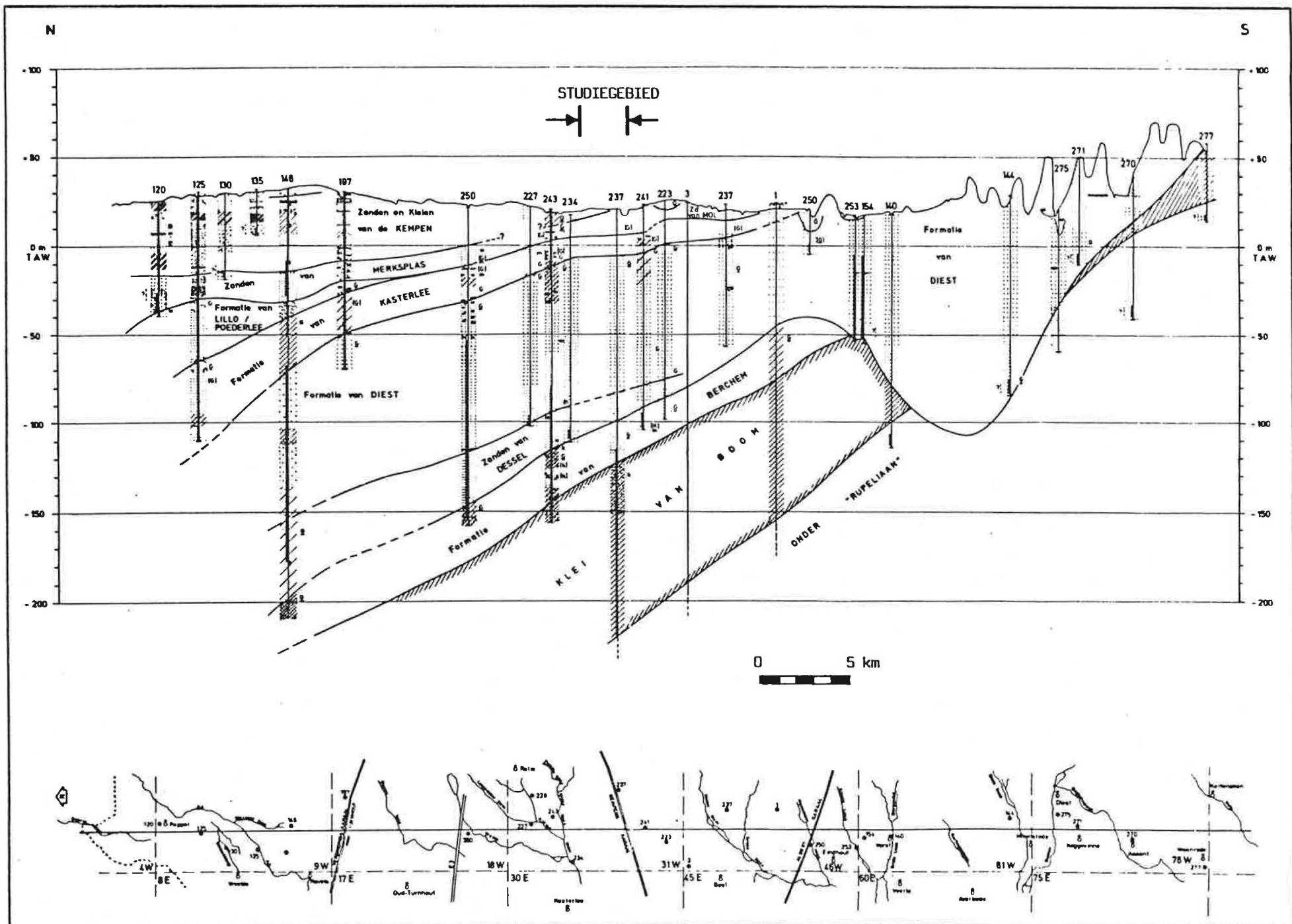


Fig. 5 - Geologische N-S - doorsnede doorheen de provincie Antwerpen (naar P. LAGA, 1979 Geologische Dienst van België)

2. BESCHIKBARE GEGEVENS EN UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

2.1. Verzameling van de beschikbare gegevens

Op 1 juli 1985 werd gestart met het verzamelen van de beschikbare gegevens

- bestaande kaarten
- luchtfoto's
- literatuurgegevens
- puntgegevens : boringen, sonderingen, enz.....
- gegevens in verband met de geplande moderniseringswerken.

Hiervoor werd kontakt genomen met de Belgische Geologische Dienst, de P.I.D.P.A., het Rijksinstituut voor Grondmechanica, het Ministerie van Openbare Werken, het Studiecentrum voor Kernenergie, de firma S.C.R. SIBELCO, de Polders en Wateringen, het K.M.I., de Technische Wegendienst Provincie Limburg en het Nationaal Geografisch Instituut.

Een overzicht van de beschikbare boringen en sonderingen is aangegeven in tabel 1. De ligging van deze puntgegevens is weergegeven op plaat 1, dokumentatie. Alle op de plaat vermelde gegevens zijn te raadplegen bij het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie.

2.1.1. Kaarten

Volgende kaarten waren beschikbaar :

- topografische kaarten van het Nationaal Geografisch Instituut (voorheen Militair Geografisch Instituut), op schalen 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 van verschillende data. Het betreft de bladen Mol 17/2 en Lommel 17/3.
- bodemkaarten : kaartblad Mol 31E en Lommel 32W, uitgegeven door het Comité voor het opnemen van de Bodemkaart en

TABEL 1. - OVERZICHT VAN DE BESCHIKBARE PUNTGEGEVENS

Herkomst	Boringen Aantal	Sonderingen Aantal
Belgische Geologische Dienst	93	-
Rijksinstituut voor Grond- mechanica (RIG)	20	21
SIBELCO	70	-
RUG, Laboratorium voor Toe- gepaste Geologie en Hydro- geologie	27	-

de Vegetatiekaart van België, onder auspiciën van het I.W.O.N.L.

- geologische kaarten : de geologische kaarten op schaal 1:40.000, bladen RETHY-MOLL nr 31 (M. MOURLON, 1896) en LOMMEL-OVERPELT nr 32 (M. MOURLON, 1898) zijn beschikbaar.

2.1.2. Luchtfoto's

Bij het Nationaal Geografisch Instituut werd een luchtfotoserie geraadpleegd. Het betreft de opname Fl7-18 van 1 september 1983, foto 1217 tot en met foto 1220.

2.1.3. Literatuurgegevens

Talrijke publikaties, mededelingen, studies, enz... werden geraadpleegd. Deze staan vermeld in de referenties. In het studiegebied en omgeving werd reeds een hydrogeologische studie uitgevoerd in het kader van een onderzoek voor het inplanten van een grondwaterwinning : "Hydrogeologische studie van het plassengebied van Mol", J.P.CNUUDE, 1978.

2.1.4. Puntgegevens

Deze puntgegevens bestaan uit :

- gegevens over de geologie, litologie en hydrogeologie : boringen, grondmechanische sonderingen.
- gegevens over de hydrografie, hydrologie en hydrometeorologie : bodem- en waterpeilen, debieten van waterlopen; hydrometeorologische parameters opgemeten in hydrometeorologische stations.

2.1.5. Gegevens in verband met de geplande moderniseringswerken

De gegevens in verband met de bouw van de nieuwe sluis en

het verleggen van het kanaaltracé werden bekomen bij het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen te Hasselt.

In dit verband vond op 06 augustus 1986 een vergadering plaats met het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, vertegenwoordigd door de heren ir. VAN DEN BERGH, Hoofdingenieur-Directeur, en ir. VAN DROOGENBROECK, e.a. ingenieur G.T.E. vertegenwoordigd door de heer lic. DE BAERE en L.T.G. vertegenwoordigd door de heren Dr. L. LEBBE, lic. M. VAN CAMP en lic. M. BUYSSE.

2.2. Opzoeken van bestaande peilputten

In het kader van een "Hydrogeologische studie van het plas-sengebied van Mol" uitgevoerd door de Leerstoel voor Toe-gepaste Geologie (J.P. CNUUDE, 1978) werden in 1977 58 peil-putten geplaatst. Hiervan werden vijf putten nl. G HB1, G HB17, G HB18, G HB46 en G HB49 (fig. 7) in de peilronden, uitgevoerd voor deze studie, opgenomen. De peilputten R B1F1, R B1F2, R B5F1, R B5F2, R b1, R b2, R b3, geplaatst door het Rijksin-stituut voor Grondmechanica, werden ook in deze peilronden op-genomen. De liggingsplans van deze peilputten zijn verzameld in bijlage 2.

2.3. Opmeten van bodempeilen van grachten en plassen

Gedurende februari 1986 werden van alle belangrijke grachten de bodempeilen opgemeten. Tevens werden op vele plaatsen op deze grachten vaste meet-punten (sluis, brug,...) aangebracht die genivelleerd wer-den. In vier belangrijke plassen werd een peillat geplaatst. Deze vaste punten en peillatten evenals de bodempeilen zijn aangeduid op plaat 2. De peilen van de vaste punten en peil-latten zijn samengebracht in tabel 3. Vier peillatten en 41 vaste punten werden opgenomen in het hydrologisch meetnet,

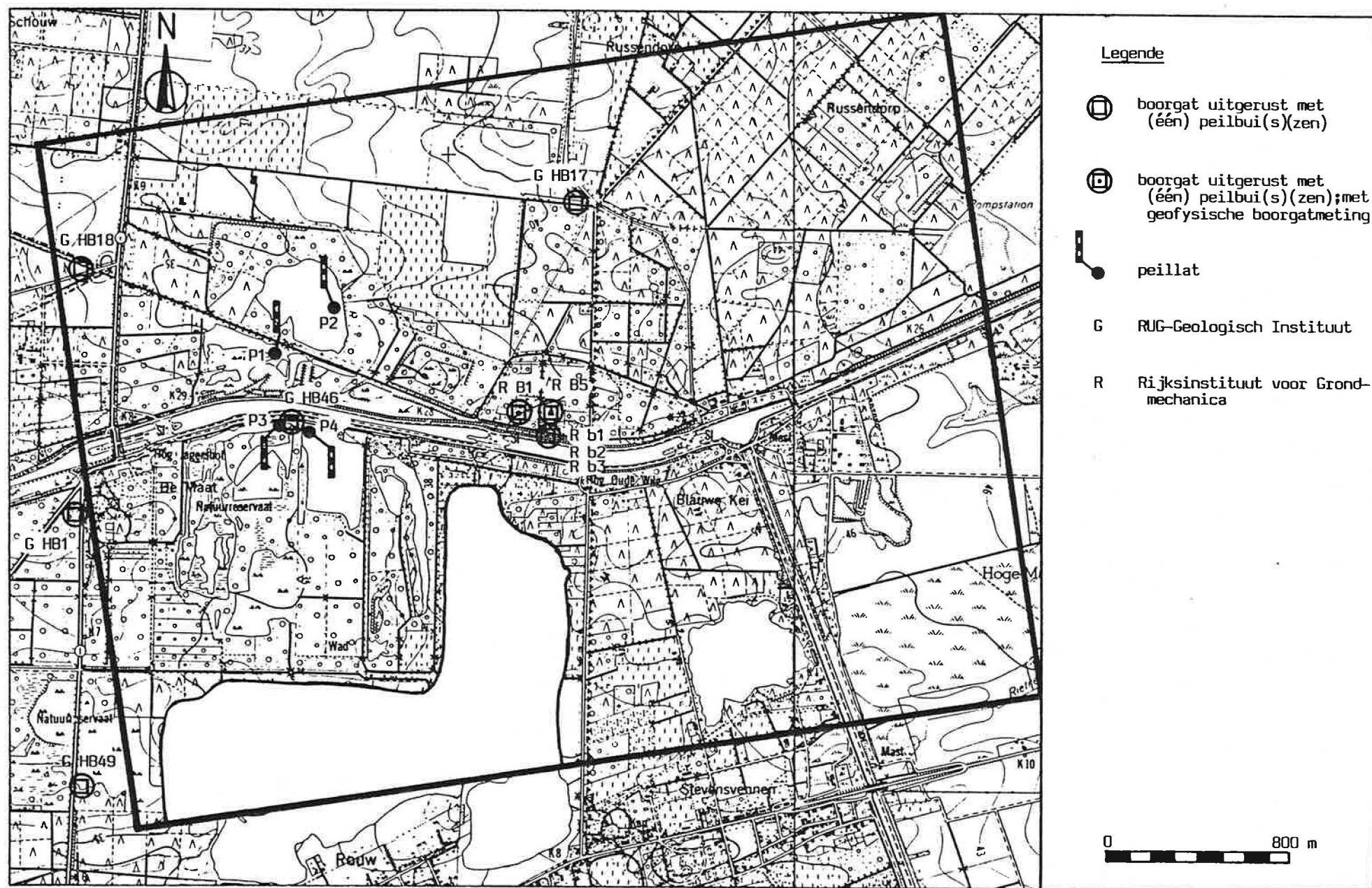


Fig. 7 - Ligging van de peillatten en de bestaande peilbuizen.

dit om de waterstanden in deze plassen en grachten te kennen.

2.4. Boringen

2.4.1. Algemeen

De inplanting van de boringen werd zo gekozen dat :

1. een maximum aan informatie werd verkregen over de aard van de ondergrond ter plaatse van de nieuw te bouwen sluis en het nieuw kanaaltracé.
2. een duidelijk beeld werd verkregen van de grondwaterstijg-hoogteverdeling.

De boorkampagne nam een aanvang op 11 maart 1986 en eindigde op 10 april 1986. In totaal werden 17 putten geboord nl. vijf peilputten (30 m, 5 m, 3 x 15 m) en een pompput (22 m) ter uitvoering van de pompproef, vijf diepe putten (± 30 m) en zes ondiepe putten (± 5 m) met plaatsing van peilbuizen. In alle diepe putten werden boorgatmetingen uitgevoerd.

De boringen voor de uitvoering van de pompproef werden zo dicht mogelijk bij de nieuw te bouwen sluis ingeplant, echter zo dat ze tijdens de aanleg van de sluis nog als peilputten gebruikt kunnen worden. De ligging van de boringen is weergegeven op fig. 8 (zie ook plaat 1). De liggingsplans zijn opgenomen in bijlage 2.

De resultaten van alle boringen worden verder besproken in hoofdstuk 3.

2.4.2. Diepe boringen

Alle diepe putten werden geboord met inspoeling zonder verbuizing door middel van een kleine mechanische boorinstallatie, SPOBO 1. De boordiameter bedroeg minstens 90 mm. Als

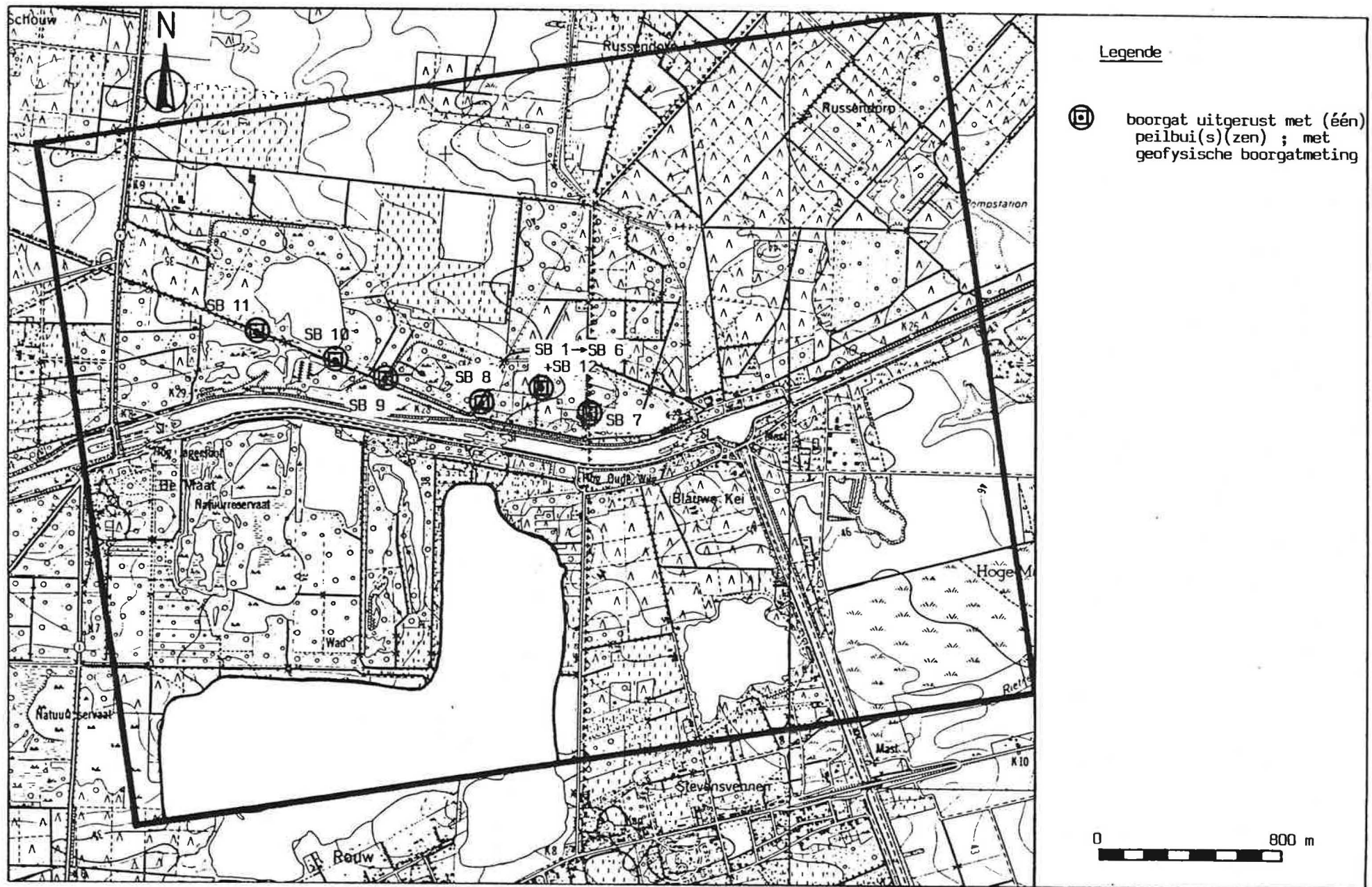


Fig. 8 - Ligging van de boringen SB1 tot SB12, uitgevoerd door het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie.

boorvloeistof werd water gebruikt, gemengd met flokgel, een biologisch afbreekbaar produkt op basis van zetmeel.

De boringen SB1, SB7F1, SB8F1, SB9F1, SB10F1 en SB11F1 werden tot enkele meters in de Zanden van Mol MI uitgevoerd. De pompput SB3 en de peilputten SB4, SB5 en SB6, nodig voor het uitvoeren van de pompproef werden ook geboord met SPOBO 1 en bereiken niet de lignietlaag.

De diepe boringen werden afgewerkt met een filterbuis met buitendiameter van 40 mm en een filterelement van 2 m lengte voor SB1 en 1 m lengte voor SB4, SB5, SB6, SB7F1, SB8F1, SB9F1, SB10F1 en SB11F1. Rond de filter werd een omstorting van grof zand (0,5 tot 1,0 mm) aangebracht. Ter hoogte van het ligniet- en kleikomplex werd een kleistop aangebracht door het storten van kleikogels met een diameter van 10 mm (DURANIT, VFF, Duitsland). Een schematische voorstelling van een peilput is weergegeven in fig. 9. De gedetailleerde gegevens omtrent de boringen en hun uitrusting zijn vermeld in tabel 2. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 3.

2.4.3. Ondiepe boringen

In de omgeving van elke diepe peilput werd eveneens een ondiepe put gespoeld met een handboorstel type Eykelkamp met buisbekleding.

De putten werden afgewerkt met een filterbuis met buitendiameter van 40 mm en een filterelement van 1 m lengte. Rond de filter werd een omstorting van grof zand (0,5 - 1,0 mm) aangebracht.

De gegevens omtrent deze boringen en hun uitrusting zijn opgenomen in tabel 2. De boorbeschrijvingen werden opgenomen in bijlage 3.

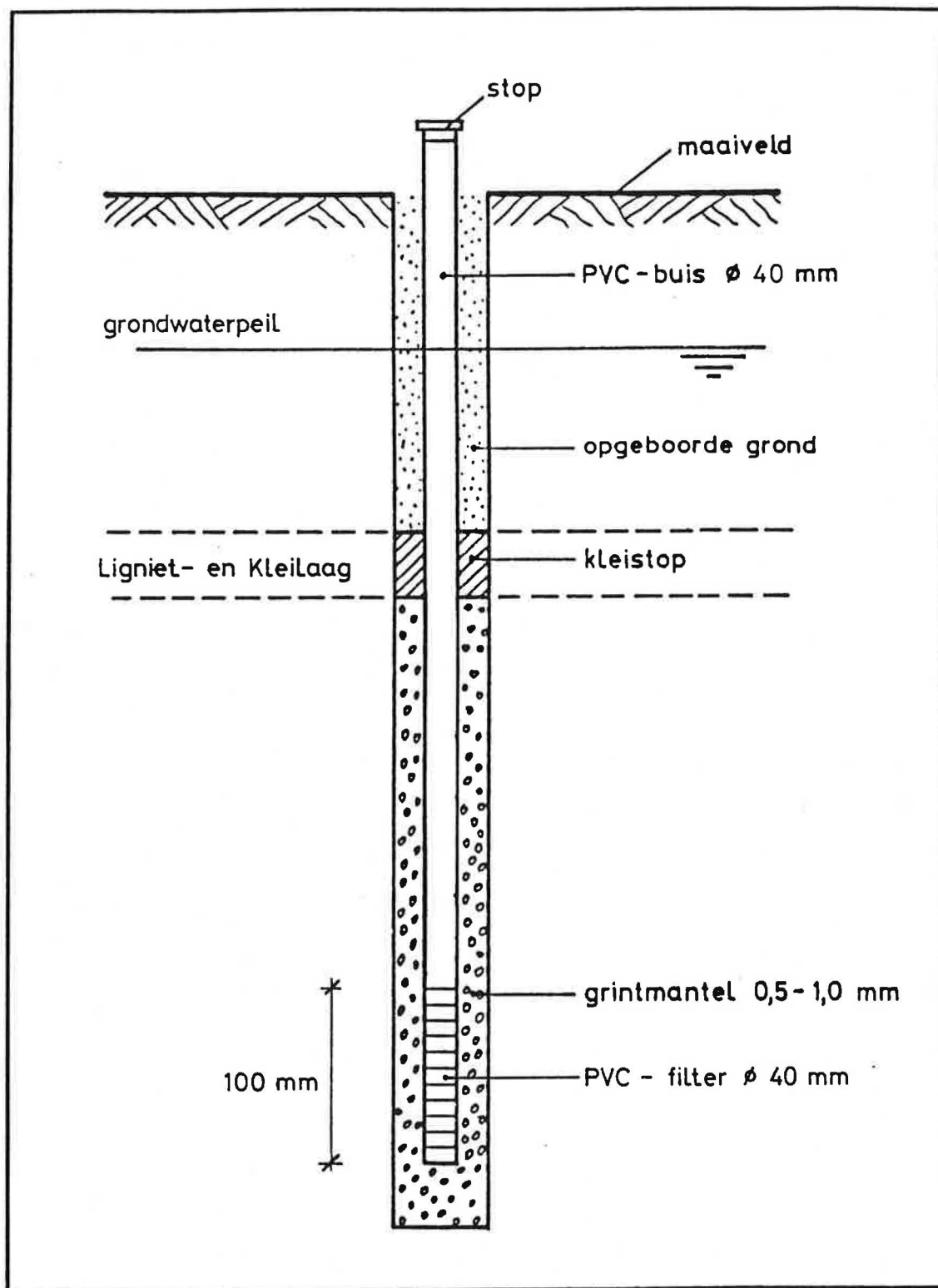


Fig. 9 - Schematische voorstelling van een peilput.

TABEL 2 - OVERZICHT VAN DE BESTAANDE EN GEPLAATSTE PEIL-
PUTTEN IN HET STUDIEGEBIED

boring	filter	koördinaten		hoogte maaveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter				lengte (m)	Ø (mm)
		x	y			diepte TOP	(m-maaiv.) - BASIS	peil TOP	(m+TAW) - BASIS		
GSB1		208 945	214 795	+ 40,12	+ 40,01	27	29	13,12	11,12	2	40
GSB2		208 935	214 800	+ 40,02	+ 39,93	4,5	5,5	35,52	34,52	1	40
GSB3		208 947	214 805	+ 40,19	+ 40,09	10	22	30,19	18,19	12	90
GSB4		208 949	214 810	+ 40,13	+ 39,99	15	16	25,13	24,13	1	40
GSB5		208 950	214 815	+ 40,18	+ 40,01	15	16	25,18	24,18	1	40
GSB6		208 951	214 825	+ 40,05	+ 39,92	15	16	25,05	24,05	1	40
GSB7.1.	F1	209 157	214 700	+ 40,79	+ 40,75	29	30	11,79	10,79	1	40
GSB7.2.	F2	209 175	214 700	+ 40,61	+ 40,59	3,3	4,3	37,31	36,31	1	40
GSB8.1.	F1	208 695	214 745	+ 39,15	+ 39,15	29	30	10,15	9,15	1	40
GSB8.2.	F2	208 691	214 738	+ 39,06	+ 39,03	5,8	6,8	33,26	32,26	1	40
GSB9.1.	F1	208 280	214 855	+ 38,60	+ 38,59	28	29	10,60	9,60	1	40
GSB9.2.	F2	208 265	214 850	+ 37,45	+ 37,40	4,8	6,8	31,65	30,65	2	40
GSB10.1.	F1	208 048	214 942	+ 35,61	+ 35,45	14	15	21,61	20,61	1	40
GSB10.2.	F2	208 063	214 935	+ 36,69	+ 35,69	3	4	32,69	31,69	1	40
GSB11.1.	F1	207 730	214 063	+ 35,70	+ 35,54	14	15	31,70	30,70	1	40
GSB11.2.	F2	207 737	214 055	+ 35,63	+ 35,61	4,0	5,0	31,63	30,63	1	40
GSB12		208 930	214 815	+ 40,14	+ 40,03	7,0	9,0	33,14	31,14	2	63
GHB1		206 942	214 290	-	+ 33,39	7,2	8,2	-	-	1	40
GHB17		209 105	215 595	-	+ 40,77	9,1	10,1	-	-	1	40
GHB18		206 975	215 315	-	+ 33,59	9,25	10,25	-	-	1	40
GHB46		207 870	214 675	-	+ 34,37	10	11	-	-	1	40
GHB49		206 970	213 140	-	+ 32,77	9	10	-	-	1	40
RB 1A		208 982	214 702	+ 40,00	+ 40,93	27	29	+ 13,0	+ 11,0	2	63

TABEL 2 - Vervolg

boring	filter	koördinaten		hoogte maaiveld (m+TAW)	hoogte meetpunt (m+TAW)	filter				lengte (m)	Ø (mm)
		x	y			diepte (m-maaiv.) TOP - BASIS	peil (m+TAW) TOP - BASIS				
KB 1B		208 982	214 702	+ 40,00	+ 41,05	19 21	+ 21,0 + 19,0			2	63
RB 5A		208 850	214 712	+ 40,70	+ 41,85	27 29	+ 13,7 + 11,7			2	63
RB 5B		208 850	214 712	+ 40,70	+ 41,79	21 23	+ 19,7 + 17,7			2	63
Rb1		208 980	214 650	-	+ 42,09	- -	- -			-	63
Rb2		208 978	214 625	-	+ 41,80	- -	- -			-	63
Rb3		208 975	214 660	-	+ 40,36	- -	- -			-	63

TABEL 3. Peillatten en vaste punten van het hydrologisch meetnet in het studiegebied.

Nr. van punt of peillat	Omschrijving	peil (m + TAW)
V1	bovenkant stuw	+ 43,97
V2	midden zijkant brug	+ 42,60
V3	hoek muurtje	+ 42,10
V4	midden brughoofd	+ 42,43
V5	midden brughoofd	+ 41,01
V6	midden brughoofd	+ 41,39
V7	midden brughoofd	+ 39,47
V8	boordsteen	+ 39,26
V9	zijmuur stuw	+ 40,83
V10	zijmuur stuw	+ 41,03
V11	top ijzeren constructie	+ 41,79
V12	midden brughoofd	+ 42,96
V13	top buis van grondduiker	+ 39,31
V14	zijmuur kanaal naar Postel	+ 42,67
V15	midden brughoofd	+ 41,86
V16	midden brughoofd	+ 41,94
V17	midden brughoofd	+ 42,00
V18	midden brughoofd	+ 35,35
V19	midden brughoofd	+ 34,06
V20	midden brughoofd	+ 34,50
V21	midden brughoofd	+ 33,84
V22	midden brughoofd	+ 34,01
V23	midden brughoofd	+ 32,53
V24	midden ijzeren constructie	+ 34,30
V25	top buis van grondduiker	+ 33,71
V26	midden brughoofd	+ 34,68
V27	top buis van grondduiker	+ 33,68
V28	zijmuur stuw	+ 37,18
V29	top buis van grondduiker	+ 37,71
V30	top buis van grondduiker	+ 38,81
V31	top buis van grondduiker	+ 38,03
V32	midden brughoofd	+ 38,54
V33	zijmuur stuw	+ 42,73
V34	zijmuur stuw	+ 42,67

TABEL 3. - Vervolg

Nr. van punt of peillat	Omschrijving	peil (m + TAW)
V35	midden brughoofd	+ 43,52
V36	zijmuur sluis	+ 34,87
V37	houten paal in plas 7	+ 41,34
V38	houten paal van vissersberm	+ 34,71
V39	boom in plas 3	+ 35,90
V40	zijmuur sluis I	+ 43,00
V41	vijver	+ 36,76

2.4.4. Geofysische boorgatmetingen

Teneinde meer informatie te verkrijgen over de litologie van de aangeboorde lagen bij spoelboringen en over de kwaliteit van het grondwater werden in de diepe boorgaten SB1, SB7, SB8, SB9, SB10 en SB11 verscheidene geofysische boorgatmetingen uitgevoerd; de opgemeten parameters zijn :

- spontane potentiaal
- resistiviteit volgens de korte en lange normaalopstelling
- natuurlijke gammastraling
- elektrische puntweerstand.

De resultaten van de boorgatmetingen zijn opgenomen in bijlage 4 en worden verder besproken in hoofdstuk 3.

In de afgewerkte peilputten B1 en B5, geplaatst door het Rijksinstituut voor Grondmechanica werd tevens de natuurlijke gammastraling gemeten.

2.5. Waterpassing van het hydrologisch meetnet

Uitgaande van het punt HB72 (+ 39,755) van het waterpassingsnet ten overstaan van het T.A.W. vergelijkingsvlak van het N.G.I. werden genivelleerd :

- de bodempeilen van alle belangrijke beken en grachten (plaat 2)
- 41 vaste punten op deze beken en grachten (tabel 3, ligging zie plaat 2)
- de maaiveldpeilen van de uitgevoerde boringen (tabel 2)
- de peilen van de peilbuiskoppen (tabel 2)
- de peillatten geplaatst op de plassen (tabel 3)

De resultaten van de waterpassingen zijn opgenomen in tabellen 2 en 3. De bodempeilen werden aangeduid op plaat 2.

2.6. Opmeten van peilen van grond- en oppervlaktewater

Gedurende de maanden april tot juli 1986 werden vijf peilronden uitgevoerd door L.T.G. Hierbij werd het peil opgemeten van :

- 29 peilputten : GSB1 tot en met GSB12 (de boorlokatie GSB7 tot en met GSB11 werden uitgebouwd met 2 filters F1 en F2), RB1F1, RB1F2, RB5F1, RB5F2, Rb1, Rb2, Rb3, GHB1, GHB17, GHB18, GHB46, GHB49. (De gegevens van deze peilputten werden weergegeven in tabel 2).
- 4 peillatten : P1, P2, P3 en P4.
- 41 vaste punten : V1 tot en met V41.

Deze waarnemingen zijn weergegeven in tabel 4 en worden verder besproken in hoofdstuk 3.

2.7. De pompproef

2.7.1. Algemeen

De pompproef werd uitgevoerd door L.T.G. op 15 en 16 mei 1986. Er werd gepompt met een debiet van $32,4 \text{ m}^3/\text{uur}$ gedurende 24 uren op de pompput SB3. Het water werd afgevoerd naar een irrigatiegracht op ongeveer 150 m van de pompproefsite. De verlaging werd opgemeten in de peilputten SB1, SB2, SB4, SB5 en SB6. Een schematische voorstelling van de ligging van de pompproefsite is weergegeven in fig. 10. De filter van de pompput SB3 met een lengte van 12 m bevindt zich van 10 tot 22 m onder het maaiveld. Drie peilputten SB4, SB5, SB6 met een filter van 1 m lengte (van 15 tot 16 m onder het maaiveld) bevinden zich op respectievelijk 5, 10 en 20 m afstand van de pompput. Een peilput SB2 met een filter van 1 m lengte (van 4,5 tot 5,5 m onder het maaiveld) bevindt zich op 5 m afstand van de pompput. Een peilput SB1 met een filter van 2 m lengte

TABEL 4 - Grondwater- en oppervlaktewaterpeilen

Nr.	Referentiepeil (m)	18.04.86 (m)	02.05.86 (m)	16.05.86 (m)	30.05.86 (m)	05.07.86 (m)
GSB1	+ 40,37	+ 36,08	+ 36,08	+ 36,16	+ 36,44	+ 36,34
GSB2	+ 40,08	+ 38,36	+ 38,48	+ 38,67	+ 38,86	+ 38,78
GSB3	+ 40,09	+ 38,35	+ 38,48	+ 38,67	+ 38,87	+ 38,78
GSB4	+ 39,99	+ 38,37	+ 38,49	+ 38,69	+ 38,88	+ 38,79
GSB5	+ 40,01	+ 38,38	+ 38,51	+ 38,71	+ 38,88	+ 38,81
GSB6	+ 39,92	+ 38,40	+ 38,52	+ 38,73	+ 38,88	+ 38,83
GSB7F1	+ 40,75	+ 36,44	+ 36,47	+ 36,50	+ 36,42	+ 36,30
GSB7F2	+ 40,59	+ 39,03	+ 39,11	+ 39,40	+ 39,47	+ 39,81
GSB8F1	+ 39,15	+ 35,47	+ 35,54	+ 35,60	+ 35,51	+ 35,43
GSB8F2	+ 39,03	+ 37,70	+ 37,93	+ 38,02	+ 38,04	+ 38,14
GSB9F1	+ 38,59	+ 34,54	+ 34,64	+ 34,73	+ 34,64	+ 34,62
GSB9F2	+ 37,40	+ 35,63	+ 35,70	+ 36,31	+ 35,88	+ 36,66
GSB10F1	+ 35,45	+ 34,06	+ 34,07	+ 34,16	+ 34,07	+ 34,15
GSB10F2	+ 35,69	+ 34,06	+ 34,04	+ 34,19	+ 34,05	+ 34,49
GSB11F1	+ 35,54	+ 33,64	+ 33,61	+ 33,66	+ 33,60	+ 33,68
GSB11F2	+ 35,61	+ 33,98	+ 33,95	+ 34,01	+ 33,95	+ 34,25
GSB12	+ 40,03	+ 38,35	+ 38,48	+ 38,69	+ 38,85	+ 38,78
RB1F1	+ 40,93	+ 35,75	+ 35,79	+ 35,85	+ 35,67	+ 35,68
RB1F2	+ 41,05	-	+ 38,01	+ 38,12	+ 38,49	+ 38,15
RB5F1	+ 41,85	+ 36,44	+ 36,46	+ 36,52	+ 36,46	+ 36,37
RB5F2	+ 41,79	+ 38,29	+ 38,40	+ 38,67	+ 38,96	+ 38,74
Rb1	+ 42,09	-	+ 38,37	+ 38,64	+ 38,94	+ 38,69
Rb2	+ 41,80	-	+ 38,35	+ 38,56	+ 38,84	+ 38,60
Rb3	+ 40,36	-	-	+ 38,59	+ 38,67	+ 38,59
GHB1	+ 33,39	+ 31,19	+ 31,01	+ 31,06	+ 30,99	+ 30,98
GHB17	+ 40,77	+ 39,82	+ 39,89	+ 39,90	+ 39,76	+ 39,79
GHB18	+ 33,59	+ 32,19	+ 32,07	+ 32,09	+ 32,05	+ 32,04
GHB46	+ 34,37	+ 33,40	+ 33,37	+ 33,41	+ 33,36	+ 33,26
GHB49	+ 32,77	-	+ 31,17	+ 31,17	+ 31,14	+ 31,08
P1	+ 34,60	+ 33,92	+ 33,90	+ 33,94	+ 33,90	+ 34,13
P2	+ 34,76	-	+ 34,21	+ 34,25	+ 34,21	+ 34,25
P3	+ 33,70	+ 33,14	+ 33,12	+ 33,14	+ 33,17	+ 33,03
P4	+ 34,15	+ 33,57	+ 33,52	+ 33,65	+ 33,48	+ 33,48
V1	+ 43,97	+ 42,44	+ 42,47	-	-	-
V2	+ 42,60	+ 41,87	+ 41,93	+ 42,14	+ 42,02	+ 42,19
V3	+ 42,10	+ 41,49	+ 41,52	+ 41,46	+ 41,41	+ 41,53
V4	+ 42,43	+ 41,48	+ 41,47	+ 41,63	+ 41,83	+ 41,55
V5	+ 41,01	+ 39,21	+ 39,22	+ 39,22	+ 39,21	+ 39,26
V6	+ 41,39	+ 40,88	+ 40,90	+ 41,02	+ 41,09	+ 40,95
V7	+ 39,47	+ 38,59	+ 38,59	+ 38,61	+ 38,63	+ 38,78
V8	+ 39,26	+ 38,64	+ 38,73	+ 38,70	+ 38,66	+ 38,74
V9	+ 40,83	-	+ 39,82	+ 39,91	+ 39,86	+ 39,88
V10	+ 41,03	-	+ 40,60	+ 40,04	+ 40,00	+ 40,11
V11	+ 41,79	+ 40,46	+ 40,49	+ 40,64	+ 40,63	+ 40,87
V12	+ 42,96	+ 42,06	+ 42,33	+ 42,25	+ 42,17	+ 42,23
V13	+ 39,31	+ 38,58	+ 38,55	+ 38,58	+ 38,54	+ 38,57
V14	+ 42,67	+ 41,88	+ 42,33	+ 42,24	+ 42,16	+ 42,12
V15	+ 41,86	+ 40,63	+ 40,75	+ 40,78	+ 40,83	+ 40,91
V16	+ 41,94	+ 39,89	+ 40,00	+ 40,01	+ 40,03	+ 40,10
V17	+ 42,00	+ 40,45	+ 40,46	+ 40,47	+ 40,47	+ 40,42
V18	+ 35,35	+ 34,17	+ 34,17	+ 34,20	+ 34,16	+ 34,18
V19	+ 34,06	+ 32,53	+ 32,58	+ 32,58	+ 32,59	+ 32,59

TABEL 4 - Vervolg

Nr.	Referentiepeil (m)	18.04.86 (m)	02.05.86 (m)	16.05.86 (m)	30.05.86 (m)	05.07.86 (m)
V20	+ 34,50	+ 33,35	+ 33,38	+ 33,34	+ 33,42	+ 33,41
V21	+ 33,84	+ 32,57	+ 32,57	+ 32,57	+ 32,59	+ 32,57
V22	+ 34,01	+ 32,99	+ 32,71	+ 32,72	+ 32,79	+ 32,83
V23	+ 32,53	+ 31,20	+ 31,24	+ 31,32	+ 31,35	+ 31,28
V24	+ 34,30	+ 32,35	+ 32,43	+ 33,19	+ 33,20	+ 33,15
V25	+ 33,71	-	+ 32,43	+ 33,18	+ 33,19	+ 33,16
V26	+ 34,68	-	+ 33,16	+ 33,18	+ 33,19	+ 33,17
V27	+ 33,68	+ 33,28	+ 33,27	+ 33,29	+ 33,28	+ 33,30
V28	+ 37,18	-	+ 36,20	+ 36,26	+ 36,31	+ 35,32
V29	+ 37,71	-	+ 37,25	+ 37,31	+ 37,31	+ 37,24
V30	+ 38,81	-	+ 38,51	+ 38,57	+ 38,53	+ 38,50
V31	+ 38,03	-	+ 37,81	+ 37,83	+ 37,85	+ 37,83
V32	+ 38,54	-	+ 37,50	+ 37,54	+ 37,51	+ 37,56
V33	+ 42,73	-	+ 40,28	+ 40,53	+ 40,39	+ 40,43
V34	+ 42,67	-	+ 40,76	+ 40,77	+ 40,71	+ 40,65
V35	+ 43,52	-	+ 42,24	+ 42,25	+ 42,28	+ 42,19
V36	+ 34,87	+ 34,08	+ 34,19	+ 34,16	+ 34,05	+ 34,01
V37	+ 41,34	+ 41,11	+ 41,12	+ 41,11	+ 41,12	+ 41,11
V38	+ 34,71	+ 33,83	+ 33,93	+ 34,22	+ 33,99	+ 34,16
V39	+ 35,90	+ 34,23	+ 34,53	+ 34,92	+ 34,83	+ 34,62
V40	+ 43,00	-	-	+ 42,52	+ 42,52	+ 42,48
V41	+ 36,76	-	+ 35,65	+ 35,67	+ 35,67	+ 35,79

te (van 27 tot 29 m onder het maaiveld) bevindt zich op 5 m afstand van de pompput. De resultaten van de pompproef worden verder besproken in hoofdstuk 3.

2.7.2. Watermonsternamen

Gedurende de pompproef werden door L.T.G. twee watermonsters genomen van het opgepompte water; het eerste watermonster werd op 15 mei 1986 na 4 uren pompen genomen, het tweede op 16 mei 1986 na 19 uren pompen. Op 3 september 1986 werden twee watermonsters genomen uit de peilputten SB1F1 en SB7F1, waarvan de filters zich onder het ligniet- en kleikomplex in de Zanden van Mol MI bevinden. Op het terrein werden ter plaatse de lucht- en watertemperatuur bepaald. In het laboratorium van L.T.G. werden totaalanalyses uitgevoerd : de hoeveelheid bezinkbare stoffen, agressief CO_2 (titrimetrisch), de alkaliteit ten overstaan van fenolftaleïne en methylorange, de hoeveelheid SiO_2 , de verdamping- en verassingsrest, de hoeveelheid zwevende stoffen, de kleur en het calcinatieverlies, de totale en blijvende hardheid (titrimetrisch).

Tevens werden de volgende ionen bepaald :

- de kationen : Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , $\text{Fe}^{2+/3+}$ en Mn^{2+} door atomaire absorptie, Ca^{2+} titrimetrisch en NH_4^+ colorimetrisch
- de anionen : Cl^- met chloridometer, SO_4^{2-} gravimetrisch, NO_3^- , NO_2^- en PO_4^{3-} colorimetrisch, HCO_3^- en CO_3^{2-} titrimetrisch.

De resultaten van deze wateranalyses worden besproken in hoofdstuk 3.

2.8. Grondbemonstering ter bepaling van de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0

Teneinde de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel te bepalen werden in de nabijheid van de pompput 5 ongeroerde grondmonsters genomen met behulp van een Eykelkamp steekapparaat. Op 30 mei 1986 werd hiervoor een sleuf gegraven tot aan de watertafel (zie fig. 10).

De monsters werden geanalyseerd door het Laboratorium voor Bodemfysica van Prof. Dr.M. De Boodt. De resultaten van deze analyses worden verder besproken in hoofdstuk 3.

3. RESULTATEN

De resultaten waarvan een groot gedeelte is voorgesteld aan de hand van platen (kaarten op schaal 1:10.000) zijn ingedeeld in drie delen, met name :

- dokumentatie (plaat 1)
- hydrografie (plaat 2)
- hydrogeologie (platen 3 tot en met 28)

Het deel hydrogeologie omvat in deze volgorde :

- de hydrolitologische karakterisatie (platen 3 tot en met 8)
- de stijghoogte in de freatische laag (platen 9 en 10)
- de bepaling van de hydraulische parameters
- de waterkwaliteit in de Zanden van Mol.

Voor alle platen (met uitzondering van 7 en 8) werd als basiskaart de 1:10.000 topografische kaart van het N.G.I. 2de editie 1971 genomen die werd aangepast aan de hand van de luchtfoto's (N.G.I, reeks F17-F18, foto nr 1219, vlucht van 01.09.83) wegens de belangrijke uitbreiding van de zandwinningssput van SIBELCO te Mol-Rouw.

3.1. Dokumentatie (plaat 1)

De plaat 1 (dokumentatie) geeft de ligging en het type aan van de boringen en sonderingen, waarvan de gegevens aangewend werden bij het in kaart brengen van de geologische bouw van het gebied. Het type van de waarneming wordt aangegeven door de beginletter(s) van de naam van de instelling of firma bij het nummer van de waarneming te voegen. De verklaring van de symbolen en initialen werd opgenomen in de legende. De gegevens zijn hoofdzakelijk afkomstig van de Belgische Geologische Dienst, het Rijksinstituut voor Grondmechanica de firma SIBELCO en het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de R.U.G.

3.2. Hydrografie

3.2.1. Algemeen

De hydrografie van het gebied is voorgesteld op plaat 2. Centraal loopt het Kempens Kanaal met een aftakking naar Beverlo, het Kanaal naar Beverlo, stroomopwaarts sluis I. Drie sluizencomplexen (sluis I, sluis II, sluis III) verdelen het Kempens Kanaal in vier panden met volgende theoretische vlotpeilen (fig. 3) :

- pand 1 : stroomopwaarts sluis I, vlotpeil + 42,60
- pand 2 : tussen sluis I en sluis II, vlotpeil + 38,50
- pand 3 : tussen sluis II en sluis III, vlotpeil + 34,05
- pand 4 : stroomafwaarts sluis III, vlotpeil + 29,70.

Deze sluizencomplexen bestaan telkens uit een noordelijke sluis via dewelke de schepen geschut worden en een dubbele zuidelijke sluis via dewelke het vlotpeil in de panden wordt geregeld.

Op verschillende plaatsen op het Kempens Kanaal en op het Kanaal naar Beverlo wordt water afgetapt om de relatief droge gebieden ten noorden en ten zuiden van het Kempens Kanaal te irrigeren. Stroomopwaarts sluis I vertrekt in noordelijke richting het irrigatiekanaal naar Postel. Van hieruit vertrekken verschillende irrigatiegrachten, die het gebied ten westen en ten oosten van dit irrigatiekanaal bevoeien. Ten zuiden van het Kempens Kanaal bevinden zich enkele irrigatiegrachten, die het natuurgebied "De Maat" bevoeien. De hoeveelheid water die geïrrigeerd wordt is seizoensgebonden, maximaal in de zomer en minimaal in de winter.

Op de plaat 2 werden de verschillende grachten genummerd (IR. 1 tot en met 12, AFl en 2) alsook de stroomrichting aangeduid. De nog bestaande stuwen op deze irrigatiegrachten werden ook

aangeduid.

In het studiegebied komen enkele grote plassen voor, ontstaan door ligniet- en/of zandwinning, waarvan sommige werden opgenomen in het irrigatiestelsel. Op plaat 2 werden deze plassen genummerd van 1 tot 9.

3.2.2. Irrigatiegrachten

In het studiegebied kunnen we een twaalfstal irrigatiegrachten onderscheiden :

Irrigatiegrachten 1 en 2 bevoeien de watering "De Zeven Heerlijkheden" een landbouwgebied in het noordwesten van het studiegebied.

Irrigatiegrachten 3, 4, 5, 6 en 7 bevoeien voornamelijk terreinen, eigendom van de firma SIBELCO. Deze terreinen bestaan hoofdzakelijk uit populierenaanplantingen, bos en enkele akkers. Irrigatiegracht 5 loopt verder in het plassencomplex 4; van hieruit vloeit het water via afwateringsgracht 2 weg in westelijke richting.

Irrigatiegrachten 8 en 9 ontvangen water van het Kempens Kanaal en bevoeien hoofdzakelijk het natuurgebied "De Maat". De plassen die in dit natuurgebied voorkomen zijn in deze irrigatiegrachten opgenomen. De watertoevoer in deze irrigatiegrachten wordt geregeld met 2 stuwen bij de vaste punten V33 en V34. De zandwinningsput van Mol-Rouw (plas 6) ontvangt water uit de watering "Stevensvennen", die zich ten zuiden van het studiegebied bevindt. Het overtollige water wordt aan westelijke zijde in irrigatiegracht 9 afgevoerd.

Irrigatiegracht 10 bevoeit de watering van "Den Diel", een gebied in het westen van het studiegebied.

Irrigatiegracht 11 ontvangt water uit het Kanaal naar Beverlo en bevloeit de watering van Mol-Rouw.

Irrigatiegracht 12 ontvangt water uit het irrigatiekanaal naar Postel en bevloeit voornamelijk akkers en populierenaanplantingen ten oosten van dit kanaal.

Het overvloedige water in plas 5 wordt via afwateringsgracht 1 in oostelijke richting naar het Kanaal Kwaadmechelen-Turnhout afgevoerd.

Irrigatiegrachten 1, 2 en afwateringsgracht 1 monden enkele kilometers verder uit in het Kanaal Kwaadmechelen-Turnhout.

Irrigatiegracht 10 en afwateringsgracht 2 monden uit in het Kempens Kanaal, stroomafwaarts sluis 3.

Irrigatiegrachten 8, 9 en 11 monden uit in de zandwinningsputten ten westen van het studiegebied en in het Kanaal Kwaadmechelen-Turnhout.

Over de hoeveelheid water die via deze grachten geïrrigeerd wordt zijn weinig gegevens beschikbaar. Het plan der wateringen van de Dienst der Scheepvaart geeft een ruw idee van het volume water dat geïrrigeerd wordt.

3.2.3. Plassen en kanalen

In het studiegebied komen 9 min of meer belangrijke plassen voor. Deze worden op plaat 2 genummerd van 1 tot 9. In tabel 5 werd de ontstaanswijze en het gemiddeld bodempeil als ook de oppervlaktewateraan- en afvoer van elke plas weergegeven.

De bodem van de bevaarbare kanalen, dit zijn het Kempens

Tabel 5. Ontstaan, gemiddeld bodempeil, gemiddeld waterpeil en oppervlaktewateraan en -afvoer van de plassen in het studiegebied.

Plas	Ontstaan	Gemiddeld bodempeil (m TAW)	Gemiddeld waterpeil (m TWA)	Oppervlaktewater	
				aanvoer	afvoer
1	Lignietontginning	+ 30,00	+ 33,10	IR8	IR8
2	Lignietontginning	+ 29,00	+ 33,50	IR8	IR8
3	Lignietontginning	+ 29,00	+ 34,50	IR9	-
4	Lignietontginning	+ 32,00	+ 34,00	IR5	AF2
5	Lignietontginning	+ 33,00	+ 34,20	AF1	AF1
6	Zandontginning	+ 20,00	+ 33,28	Stevensvennen	IR9
7	Zandontginning	+ 26,00	+ 41,11	-	IR11
8	Zandontginning	-	-	Kempens Kanaal	-
9	Lignietontginning	-	-	IR12	-

Kanaal en het Kanaal naar Beverlo, bevindt zich ongeveer 2,5 à 3 m onder het vlotpeil.

3.2.4. Natuurlijke waterlopen

In het uiterste zuidoostelijke punt van het studiegebied komt een natuurlijke waterloop nl. de Rietreienloop voor. Deze waterloop mondt uit in het kanaal naar Beverlo.

3.2.5. Kartografische voorstelling

Op plaat 2, hydrografie werden aangeduid :

- de irrigatiegrachten 1 tot en met 12
- de afwateringsgrachten 1 en 2
- de plassen 1 tot en met 9
- het Kempens Kanaal, het Kanaal naar Beverlo, het irrigatiekanaal naar Postel
- de vaste punten V1 tot en met V41 op deze grachten en kanalen
- de opgemeten bodempeilen
- de bestaande al dan niet gebruikte stuwen en sluizen op deze grachten en kanalen
- de peillatten P1 tot en met P4 (peilschalen)
- de Rietreienloop
- de stroomrichting op alle waterlopen.

3.3. Hydrogeologie

3.3.1. Hydrolitologische karakterisatie

De litologische bouw maakt een hydrolitologische karakterisatie van de sedimenten tot aan de top van de Klei van Boom noodzakelijk. De Klei van Boom kan als een ondoorlatend sustraat worden beschouwd. De afzettingen boven dit substraat kunnen hydrolitologisch als twee grote eenheden worden beschouwd, met name een eerste eenheid tot het

ligniet- en kleikomplex in de Zanden van Mol, een tweede eenheid boven dit complex.

Aan de hand van 6 platen (4 kaarten en 2 doorsneden) werden de afzettingen boven de Klei van Boom gekarakteriseerd.

3.3.1.1. De Klei van Boom (plaat 3)

Op plaat 3 is de top van de Klei van Boom voorgesteld. De kartering is vooral gesteund op meerdere boringen in de omgeving van het studiegebied.

De top van de Klei van Boom helt van -238 in het SW tot - 340 in het NE hetgeen overeenkomt met een helling van 3 à 4%. De dikte van deze afzetting bedraagt hier ongeveer 130 m. Uit de profielen van de diepe boringen nrs. B341* en G DB10** blijkt dat de Klei van Boom bovenaan bestaat uit een zeer fijn zandhoudende klei die overgaat in een stijve klei. Een aantal monsters van de Klei van Boom afkomstig uit de boringen G DB10 en B237*** (uitgevoerd te Mol) werden geanalyseerd; de kumulatieve kurven hiervan zijn weergegeven in fig. 12. De ligging van de boringen G DB10 en B237 is op fig. 11 aangeduid. In tabel 6 zijn de voornaamste parameters weergegeven.

Aan de hand van de beschikbare gegevens was het niet mogelijk de eventuele invloed (spronghoogte en ligging) van de Breuk van Rouw in de Klei van Boom (zie 1.4.3.) te bepalen.

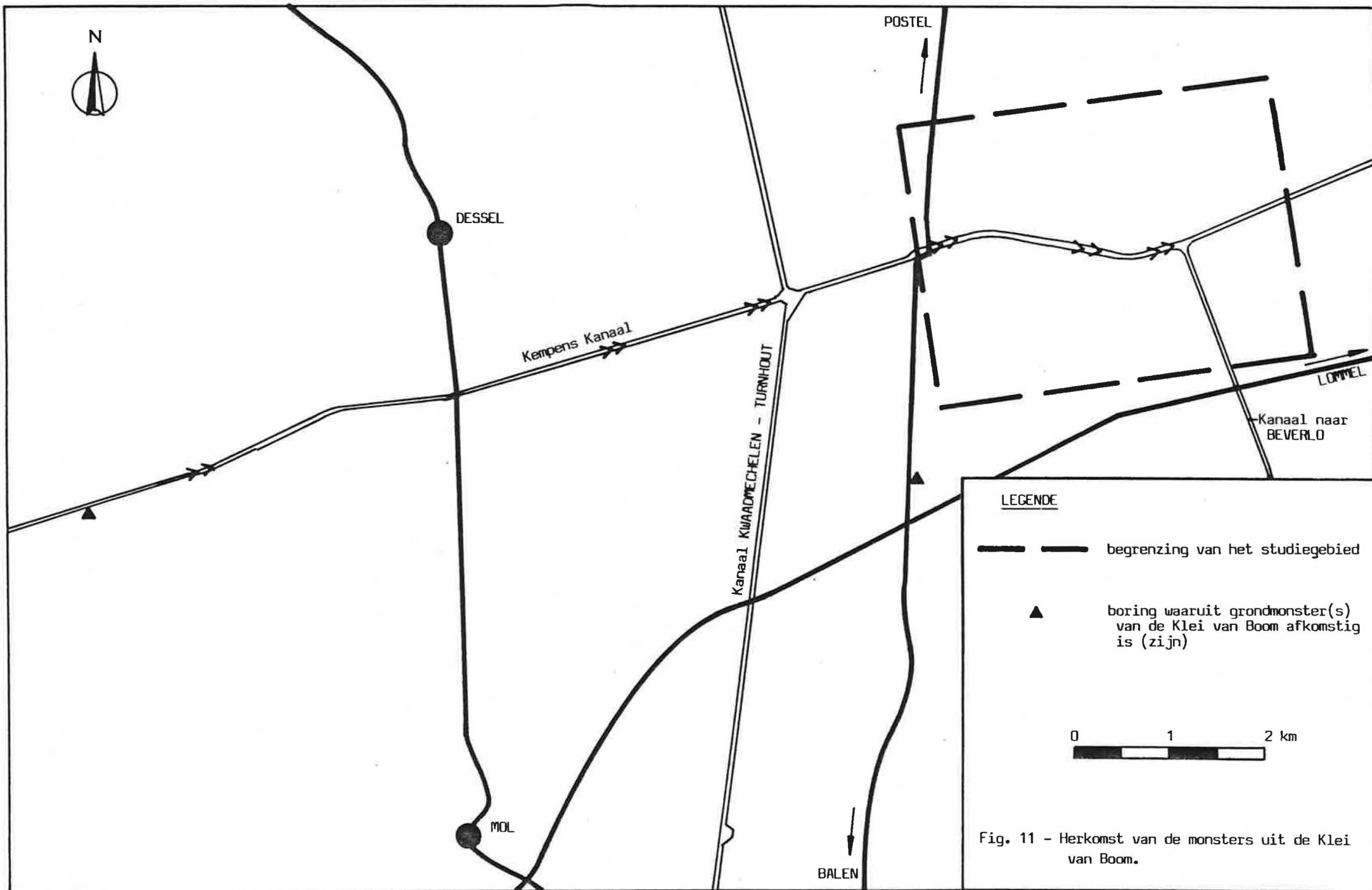
3.3.1.2. Het ligniet- en kleikomplex (plaat 4)

Op plaat 4 is de top van het ligniet- en kleikomplex voorkomend in de Zanden van Mol weergegeven. De top van deze

* boring nr 341 van het dossier 31E van de Belgische Geologische Dienst (zie platen 1 en 8)

** Hydrogeologische studie van het plassen gebied van Mol, 1978.

*** Boring nr 237 van het dossier 31W van de Belgische Geologische Dienst.



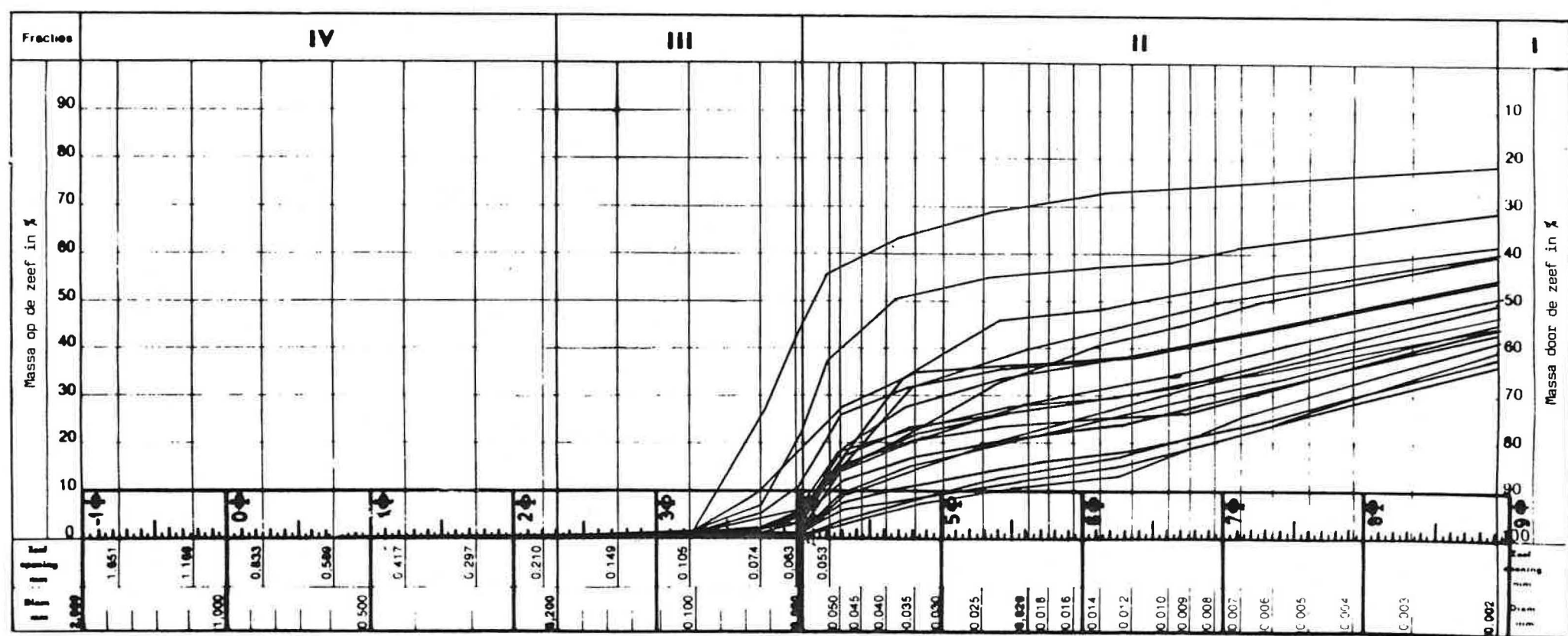


Fig. 12 - Kumulatieve kurven van monsters uit de Klei van Boom. (19 monsters)

TABEL 6 - Kenmerken van de Klei van Boom.

Parameter(*)	Eenheid	\bar{x}^{**}	Min.	Max.	N**
V	%	-	-	-	19
IV	%	0,55	0,5	1,0	19
III	%	6,89	1	25,5	19
II	%	40,63	35	56,5	19
I	%	50,37	31,0	62,5	19
Slibgehalte < 20 μ m	%	71,5	44,0	88,0	19
Humusgehalte	%	3,4	1,7	8,6	19
Kalkgehalte	%	4,69	1,4	17,5	19
W_L	%	64,3	43,9	75,0	19
W_P	%	24,2	18,9	27,8	19
I_P	-	40,18	25,0	48,0	19

* De symbolen worden verklaard in tabel 7.

** \bar{x} gemiddelde

N aantal monsters

TABEL 7 - Verklaring van de symbolen aangewend bij de tabellen
met korrelverdeling en grondmechanische eigenschappen

Korrelverdeling

Fraktie V	$2 < d < 20 \text{ mm}$
Fraktie IV	$200 \text{ } \mu\text{m} < d < 2000 \text{ } \mu\text{m}$
Fraktie III	$60 \text{ } \mu\text{m} < d < 200 \text{ } \mu\text{m}$
Fraktie II	$2 \text{ } \mu\text{m} < d < 60 \text{ } \mu\text{m}$
Fraktie I	$d < 2 \text{ } \mu\text{m}$

Grondmechanische eigenschappen

W_L	: Vloeigrens
W_P	: Uitrolgrens
I_P	: Plasticiteitsindex
γ_n	: volumegewicht
γ_d	: drooggewicht
w	: watergehalte
n	: poriënvolume
V	: verzadigingsgraad
k	: doorlatendheidscoëfficiënt
C	: samendrukkingskonstante
A	: ontlastingskonstante

Celproeven

c'	: schijnbare cohesie
c	: cohesie
ϕ'	: schijnbare hoek van inwendige wrijving
ϕ	: hoek van inwendige wrijving

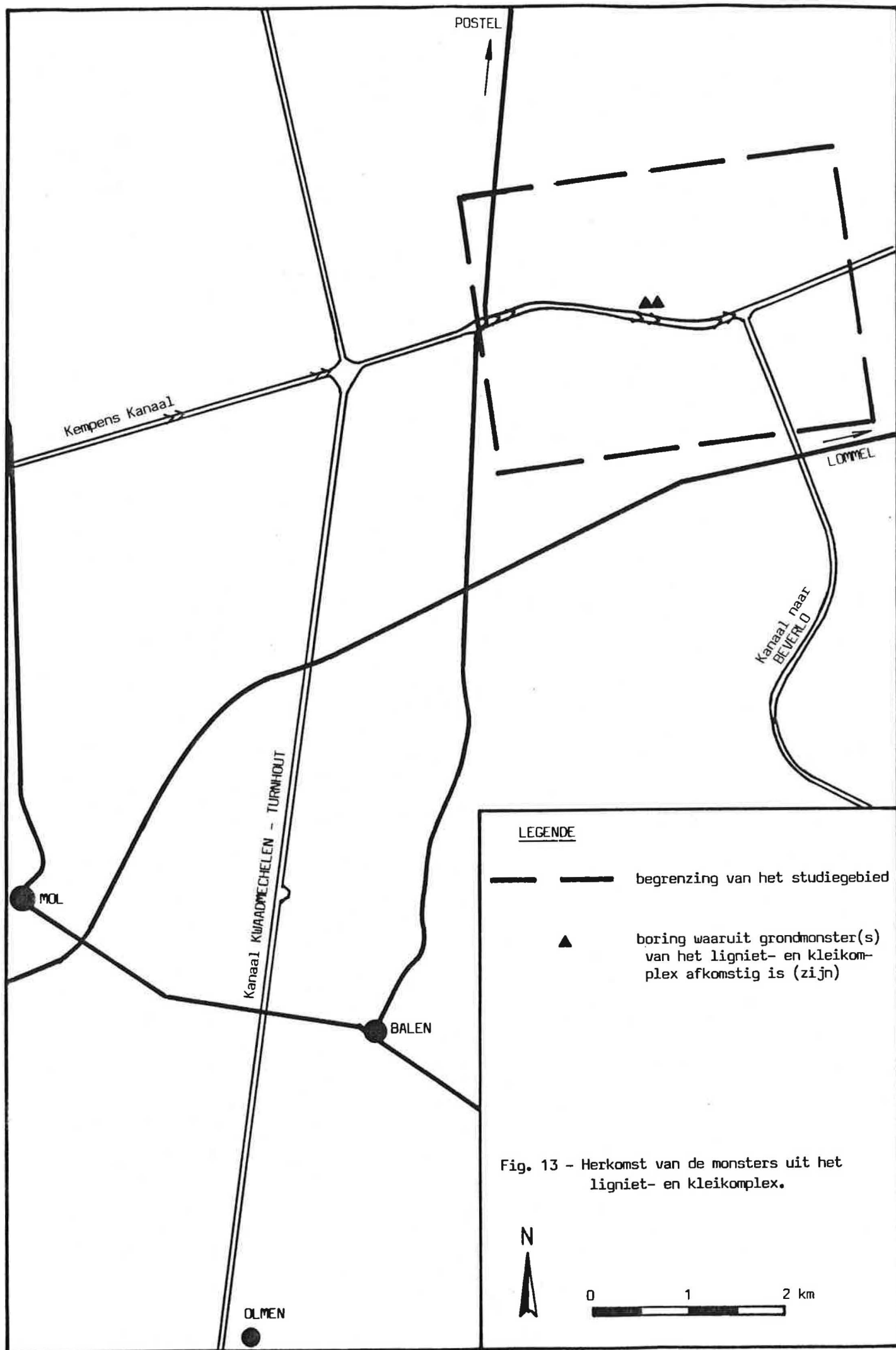
afzetting, komt voor op + 34,5 in de omgeving van de zandwinningsput van Mol-Rouw en op ca. +1 in het oosten. Het kompleks bestaat onderaan uit een kleilaag in dikte begrepen tussen 0,5 en 5,0 m waarboven een lignietlaag van 1,0 tot 3,0 m voorkomt. Deze lignietlaag werd echter niet aangeboord in verschillende boringen ter hoogte van de zandwinningsput van Mol-Rouw. Het ligniet- en kleikomplex wordt in het studiegebied doorsneden door de breuk van Rouw, die in deze afzettingen een spronghoogte van ca. 10 m heeft. Hierdoor komt het kompleks ten westen van de breuk eerder ondiep voor wat voor gevolg had dat het ligniet hier op meerdere plaatsen werd ontgonnen. In de zandwinningsput van Mol-Rouw werd dit kompleks ten westen van deze Breuk weggegraven.

Door het Rijksinstituut voor Grondmechanica werden in het kader van het grondonderzoek voor de aanleg van de nieuwe sluis 1, vier ongeroerde monsters van de kleilaag van dit ligniet- en kleikomplex geanalyseerd. De resultaten van deze analyses zijn weergegeven in tabel 8. De situering van de boringen waaruit de monsters werden ontnomen is weergegeven in fig. 13. De kumulatieve kurven van de monsters zijn weergegeven in fig. 14.

3.3.1.3. Dikte van de halfafgesloten watervoerende laag (Laag 1, plaat 5)

De afzettingen, die zich bevinden tussen de Klei van Boom en het ligniet- en kleikomplex, werden als één watervoerende laag beschouwd. Deze watervoerende laag bestaat van onder naar boven uit de volgende litologische eenheden :

- Zanden van Voort
- Zanden van Antwerpen
- Zanden van Dessel
- Zanden van Diest



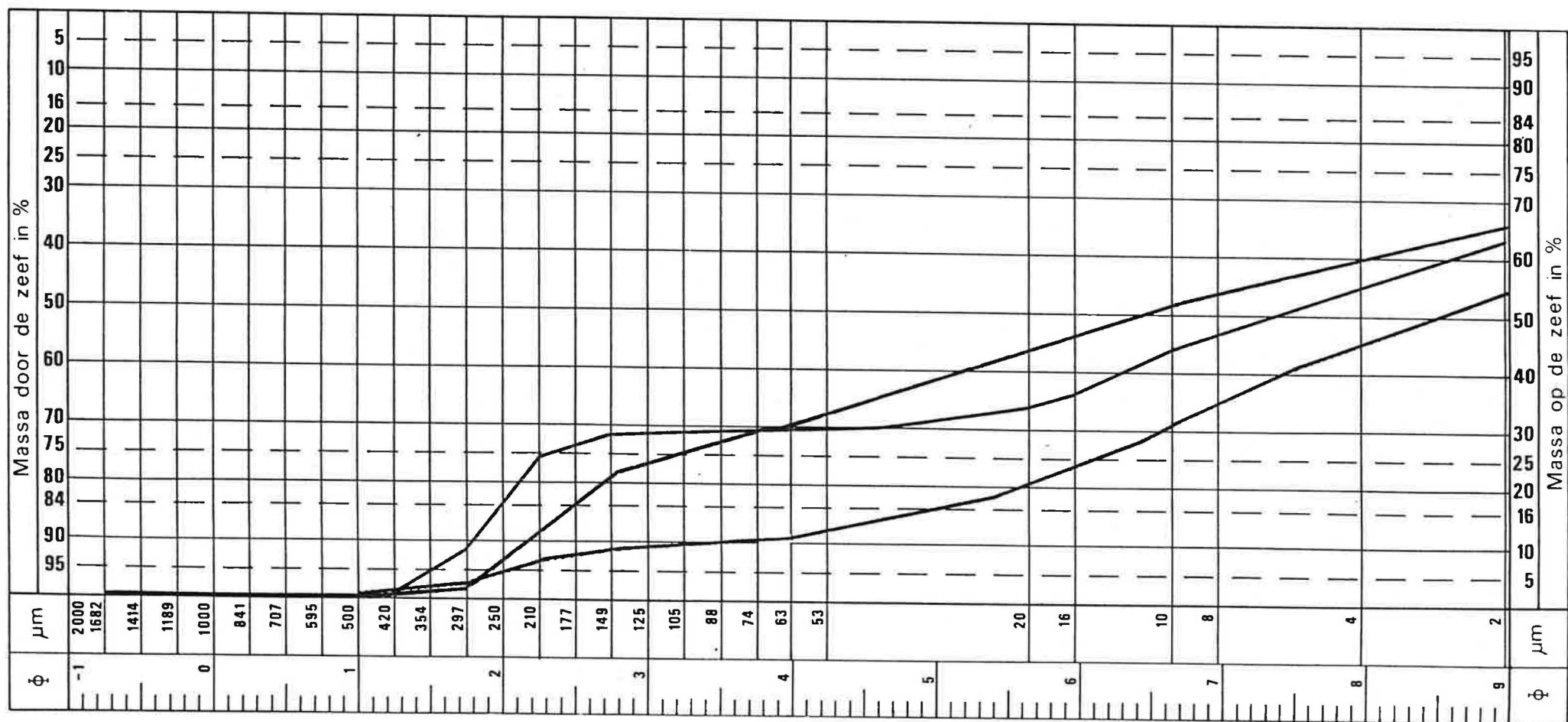


Fig. 14 - Kumulatieve kurven van de monsters (klei) uit het ligniet- en kleikomplex. (3 monsters)

TABEL 8 - Kenmerken van het ligniet- en kleikomplex

Boring/monster parameter*	RB1M48	RB1M52	RB1M53	RB5M52
diepte	23,50-23,69	24,50-24,84	25,0-25,38	25,50
benaming	veen	zandh.-klei	zandh. klei	klei
V (%)	-	0,5	-	0,2
IV (%)	-	25,3	12,4	7,5
III (%)	-	3,6	18,7	4,4
II (%)	-	34,1	34,6	42,7
I (%)	-	37,0	34,3	45,4
humusgehalte (%)	53,4	10,6	5,2	12,5
kalkgehalte (%)	0,2	1,6	1,1	0,9
W_L (%)	-	67,4	49,4	50,0
W_P (%)	-	28,0	20,2	25,0
I_P (-)	-	39,4	29,2	25,0
γ_n (t/m ³)	1,293	1,830	1,793	1,303
γ_d (t/m ³)	0,829	1,545	1,103	0,772
w (%)	56,0	18,4	27,8	68,8
n (%)	49,8	41,7	47,1	70,9
V (%)	93,3	68,3	82,9	74,9
k (cm/sec)	vertikaal 2,8 à 3,0x10 ⁻⁹ horizontaal 2,6 à 5,2x10 ⁻⁸	vertikaal 1,3 à 1,5x10 ⁻⁸ horizontaal 1,5 x 1,9x10 ⁻⁹	vertikaal 2,2 à 4,0x10 ⁻¹⁰ horizontaal 1,1 x 10 ⁻⁹	vertikaal 3,1 à 3,2x10 ⁻⁸ horizontaal 1,8 à 2,4x10 ⁻⁷
C (-)	21	34	20	24
A (-)	162	408	90	136
c' (kg/m ²)	-	0,035	0,012	0
c (kg/m ²)	-	-	-	-
ϕ (°)	-	18°	25°	37°30'
ϕ (°)	-	-	-	-

* De symbolen worden verklaard in tabel 7.

- Zanden van Kasterlee
- Zanden van Mol MI.

Op plaat 5 werd de dikte van watervoerende laag 1 voorgesteld. Bij de kartering van de dikte van deze watervoerende laag werd de top van het ligniet- en kleikomplex als bovengrens beschouwd. De dikte neemt toe van 270 m in het SW tot ca. 350 m in het NNE van het studiegebied.

De granulometrische en hydrogeologische karakteristieken van de litologische eenheden werden bepaald in het kader van de "Hydrogeologische studie van het plassengebied van Mol" (J.P. CNUUDE, 1978). Door het Rijksinstituut voor Grondmechanica werden twee ongeroerde monsters van de Zanden van Mol MI ontnomen en geanalyseerd. Tevens werden meerdere granulometrische analyses van de Zanden van Mol MI bekomen bij de firma S.R.C. SIBELCO.

Uit deze analyses blijkt dat de beschouwde watervoerende laag gelaagd is :

- De Zanden van Voort variëren van middelmatige zanden onderaan tot fijne zanden bovenaan; meestal zijn ze sterk kleihoudend en middelmatig gesorteerd
- De Zanden van Antwerpen bestaan uit middelmatige zanden met een middelmatig goede sortering.
- De Zanden van Dessel bestaan uit middelmatige zanden met een goede sortering.
- De Zanden van Diest bestaan uit middelmatig tot fijne zanden met een goede sortering.
- De Zanden van Kasterlee bestaan uit fijne zanden met een

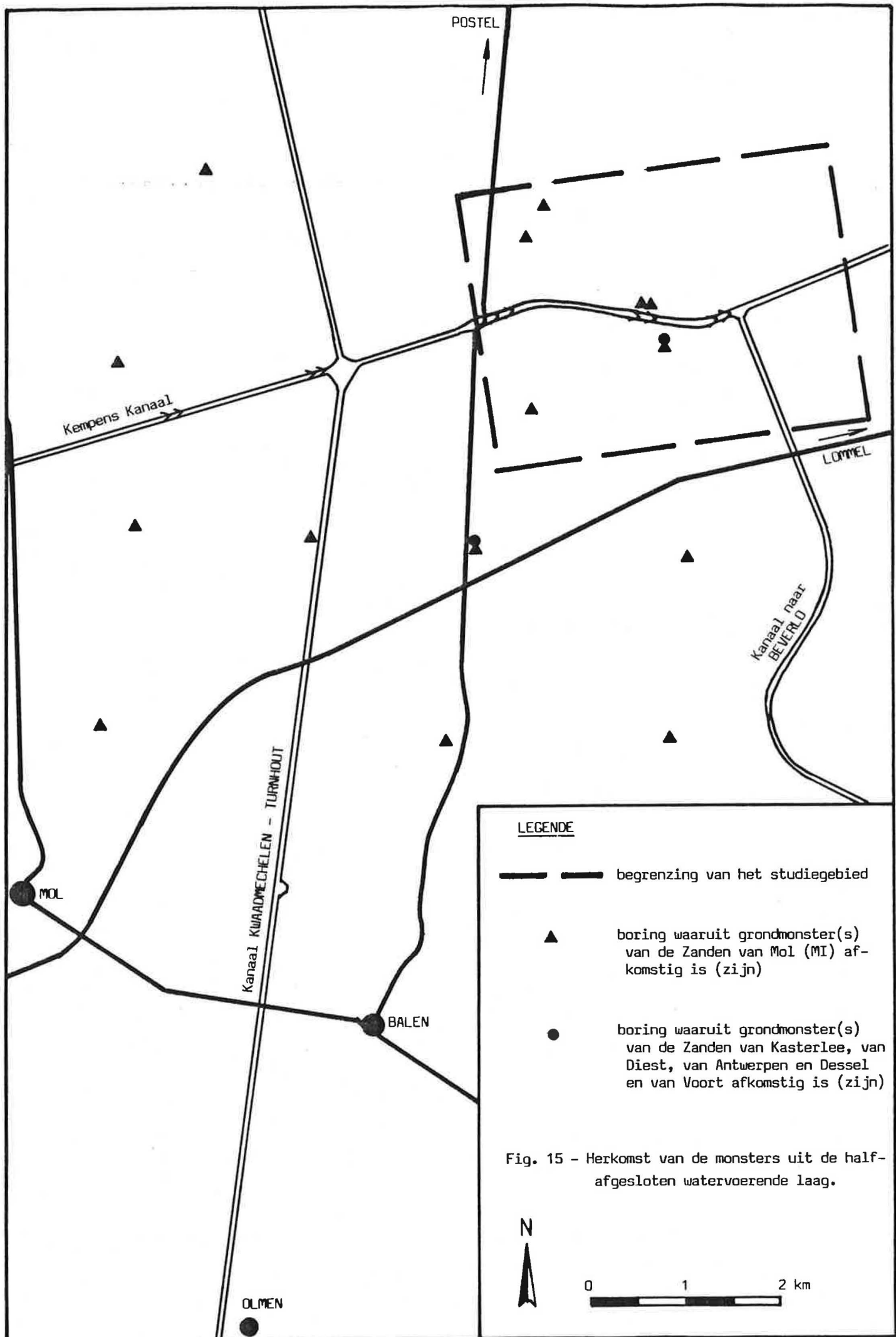


Fig. 15 - Herkomst van de monsters uit de half-afgesloten watervoerende laag.

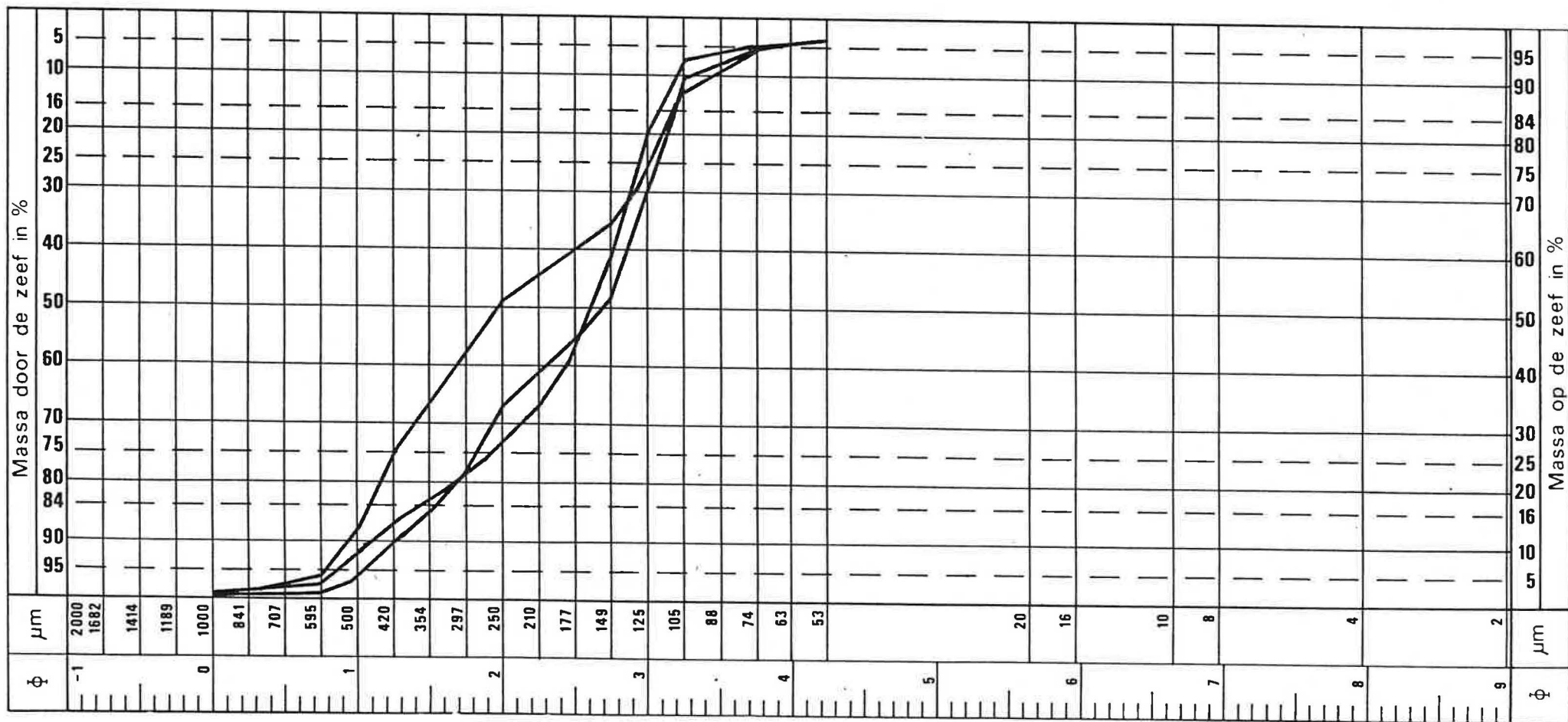


Fig. 16 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Voort (3 monsters)

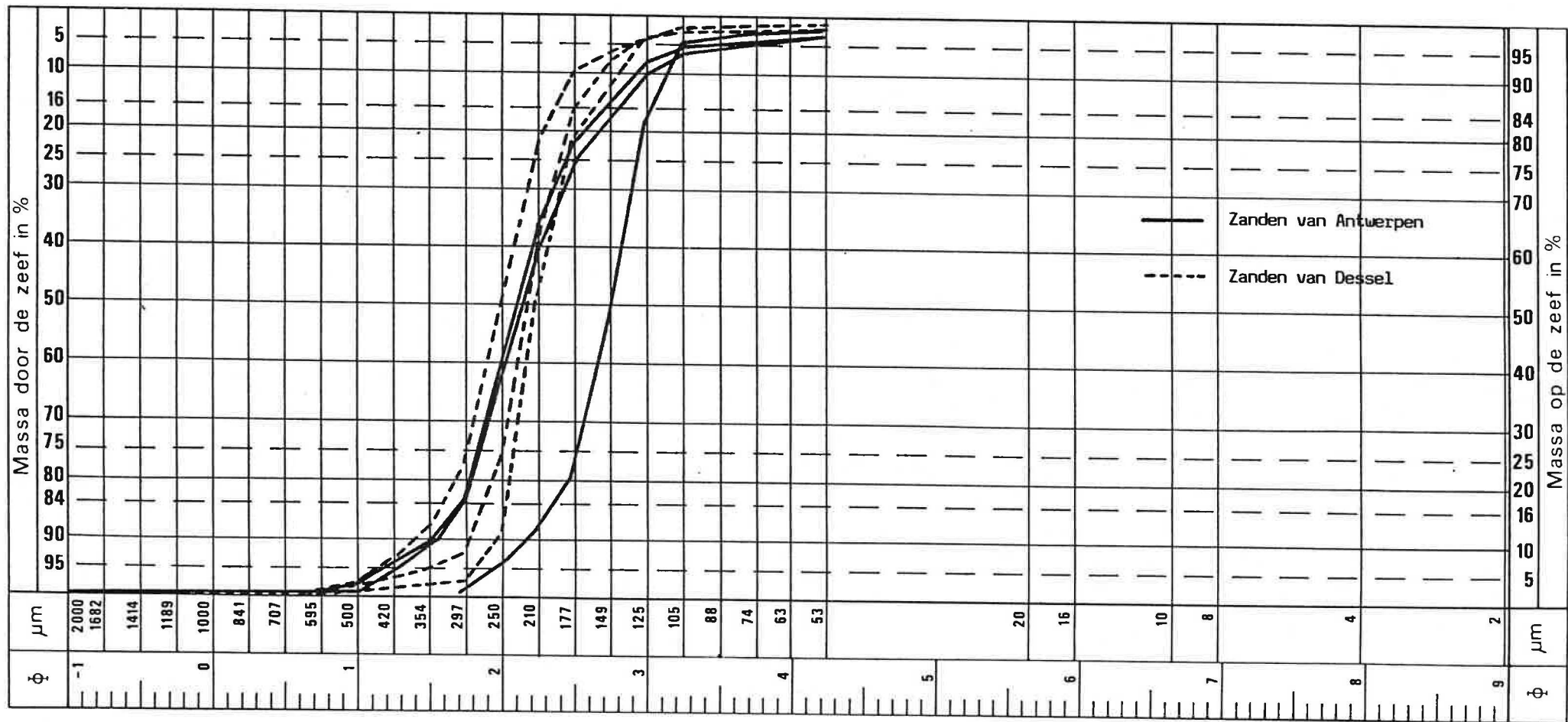


Fig. 17 - Kumulatieve kurven van de monstersuit de Zanden van Antwerpen en Dessel (6 monsters)

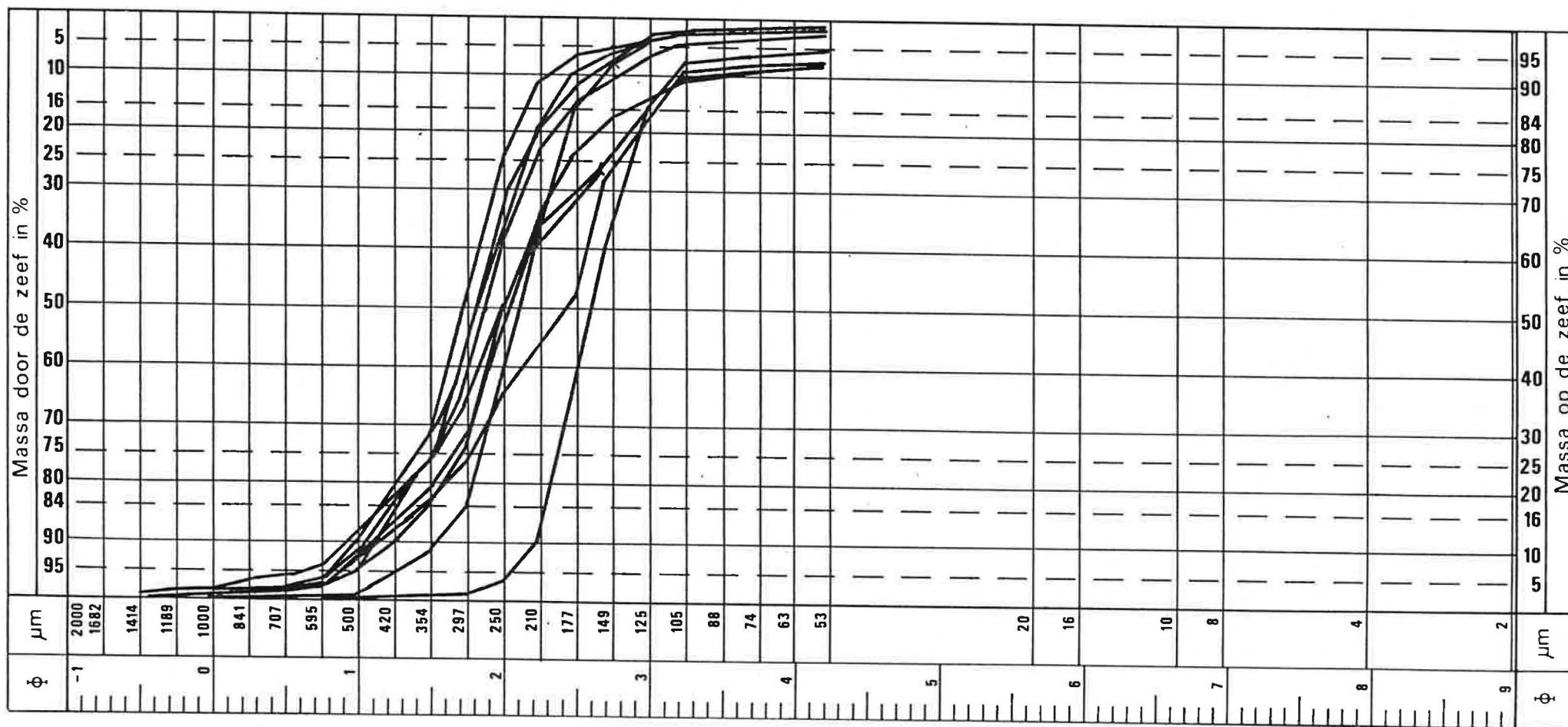


Fig. 18 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Diest (10 monsters)

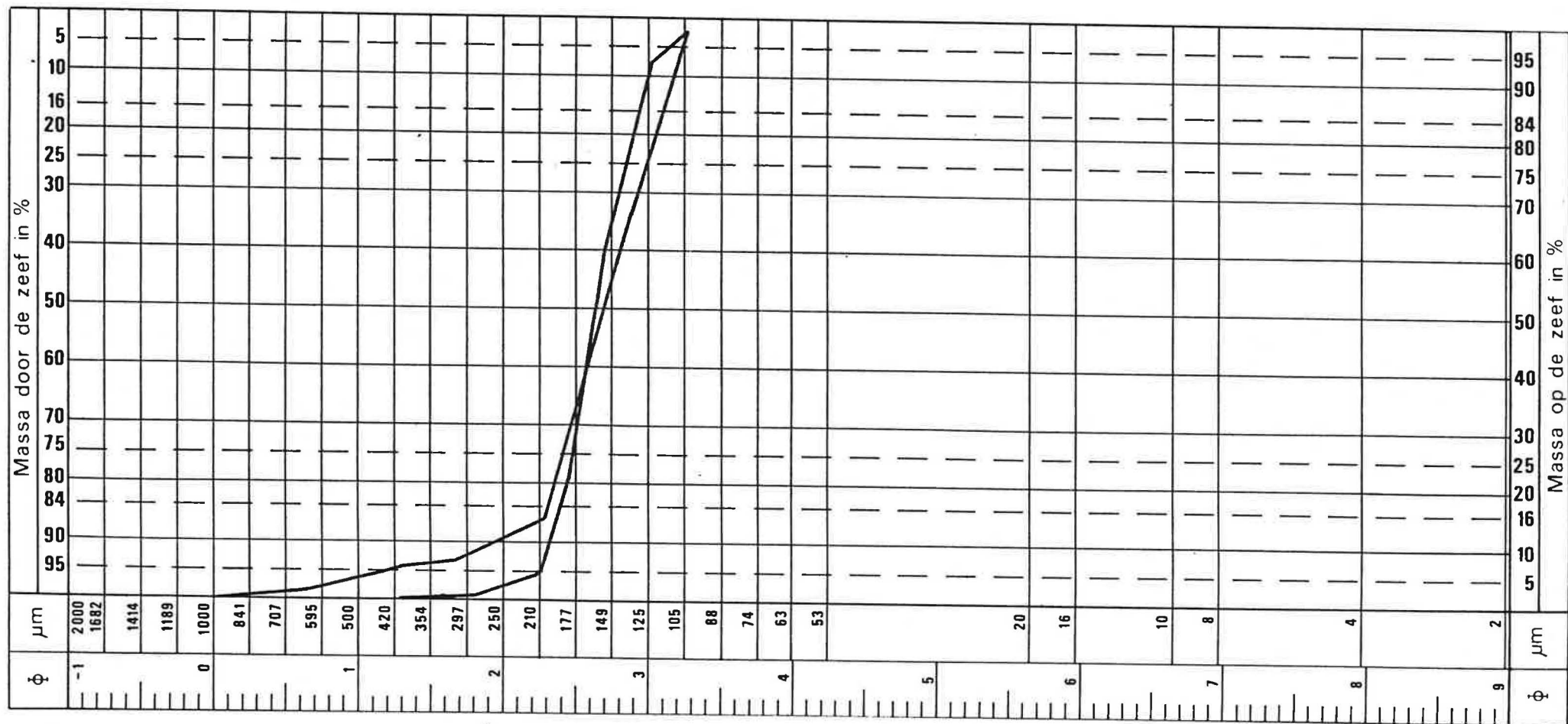


Fig. 19 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Kasterlee (2 monsters)

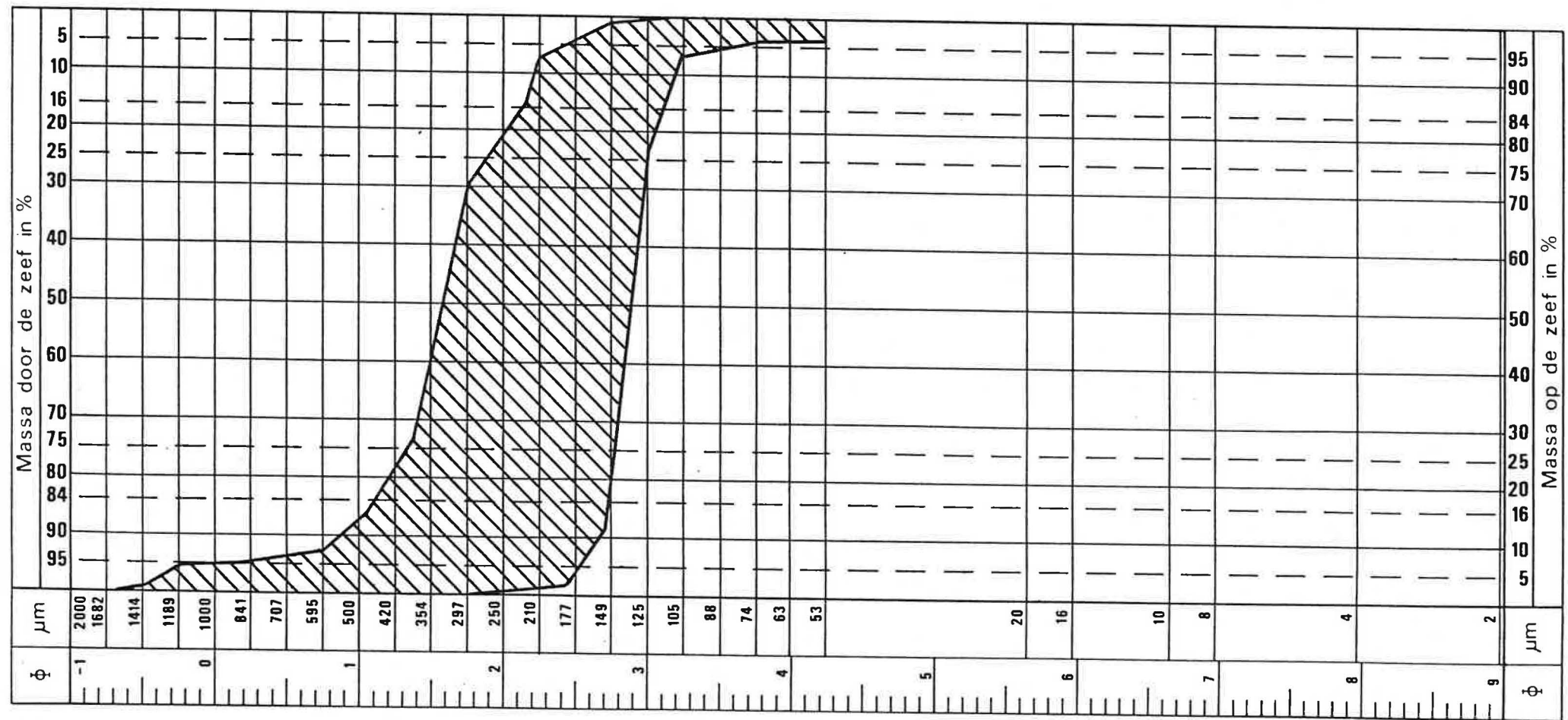


Fig. 20 - Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Mol MI (48 monsters)

goede tot zeer goede sortering.

- De Zanden van Mol MI bestaan uit middelmatige tot fijne zanden met een goede sortering.

De situering van de boringen waaruit de monsters ontnomen werden is aangeduid op fig. 15. De kumulatieve kurven van de Zanden van Voort, Zanden van Antwerpen en Dessel, Zanden van Diest, Zanden van Kasterlee en de Zanden van Mol MI zijn respectievelijk weergegeven in fig. 16, 17, 18, 19 en 20.

3.3.1.4. Dikte van de bovenste watervoerende laag (Laag 2) (Plaat 6)

Deze watervoerende laag bestaat hoofdzakelijk uit de Zanden van Mol MII boven het ligniet- en kleikomplex. De dikte van deze afzettingen wordt in sterke mate beïnvloed door de aanwezigheid van de Breuk van Rouw en varieert van 0 m in de zandwinningsput van Mol-Rouw tot 42 m in het noordoosten van het studiegebied.

Boven de Zanden van Mol MII komen meestal jongere kwartaire afzettingen voor, bestaande uit middelmatige tot fijne zanden waarin dunne lenzen klei, veen en grint voorkomen. In het noordoosten van het studiegebied gaan deze over in de grintafzettingen van de Maas ("Maasterras"). Hun dikte bedraagt in het studiegebied meestal minder dan 2 m tot 7 m in het noordoosten van het studiegebied.

Uit de veldwaarnemingen, met name de uitgevoerd boringen en boorgatmetingen (bijlage 4) blijkt dat de Zanden van Mol litologisch weinig variatie vertonen. Het ligniet- en kleikomplex kan duidelijk worden afgelijnd in elke boorplaats. De boorgatmetingen, met name de resistiviteitsmetingen geven onder en boven het complex sterk verschillende

waarden. Deze waarnemingen kunnen niet worden toegeschreven aan louter litologische factoren (zie verder 3.6.).

Op plaat 6 werden lijnen van gelijke dikte van de laag boven het ligniet- en kleikomplex getekend met een interval van 5 m. De granulometrische en hydrogeologische karakteristieken van de Zanden van Mol MII werden bepaald in de studie van het plassen gebied van Mol (J.P.CNUUDE, 1978), aan de hand van monsters uit de boringen HB6, HB10 en HB14.

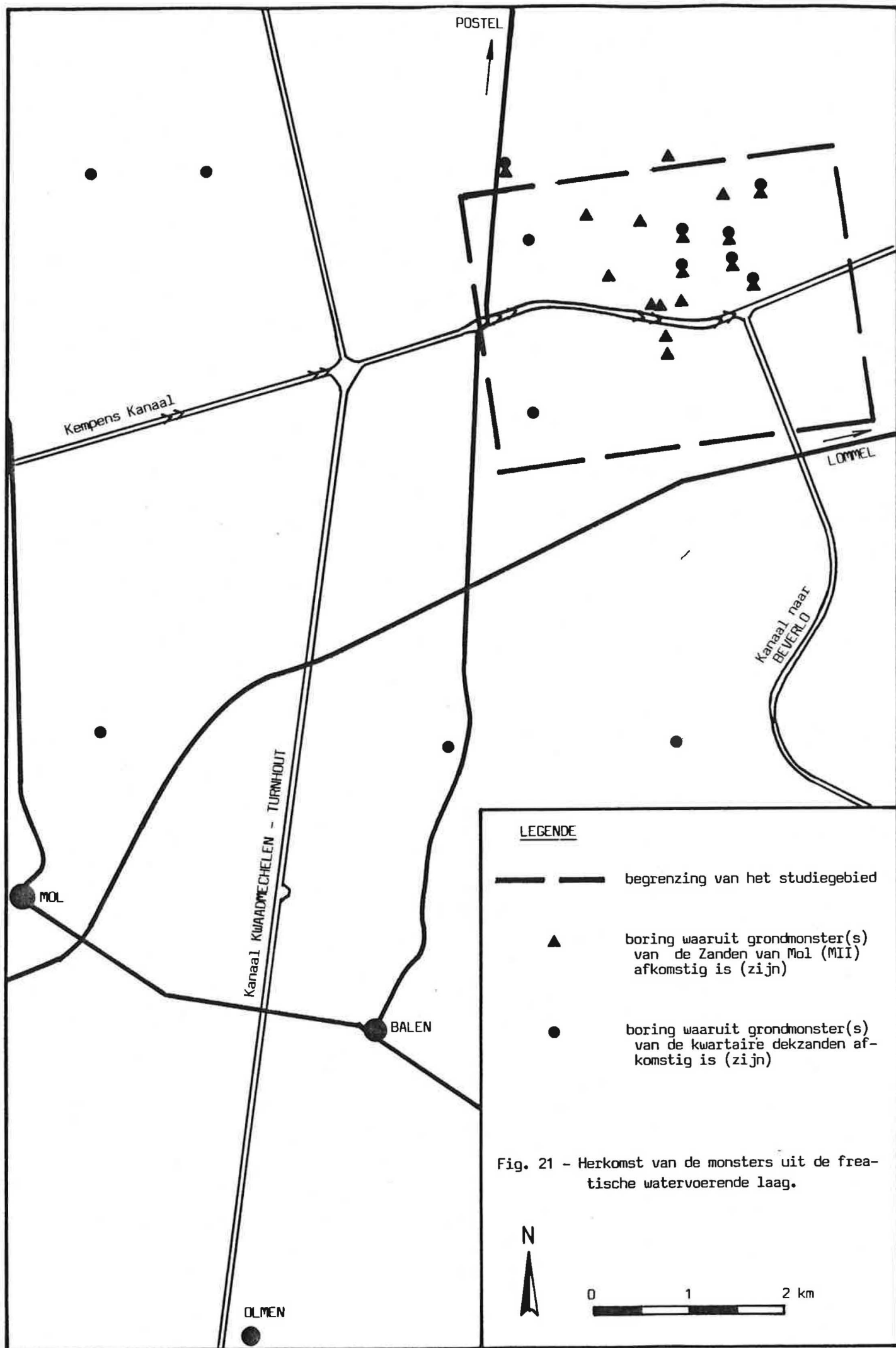
Door de firma SIBELCO werden eveneens een groot aantal granulometrische analyses van de Zanden van Mol MII ter beschikking gesteld van monsters uit boringen, voornamelijk uitgevoerd in het studiegebied ten noorden van het Kempens Kanaal. Het Rijksinstituut voor Grondmechanica ontnam eveneens een aantal ongeroerde monsters in de Zanden van Mol MII in het kader van het grondonderzoek voor de aanleg van de nieuwe sluis 1.

De Zanden van Mol MII bestaan uit middelmatige zanden met een goede sortering. De kwartaire dekzanden bestaan uit fijne tot middelmatige zanden met een middelmatige tot een middelmatig goede sortering.

De kumulatieve kurven van de analyses werden bijeengebracht in figuur 22. De herkomst van de onderzochte monsters is aangeduid op fig. 21.

3.3.1.5. Geologische doorsneden (plaat 7 en 8)

Ter illustratie en verduidelijking van de litologische opbouw en de geometrie van de beschouwde watervoerende lagen in het studiegebied werden twee doorsneden AA' en BB' opgesteld. De ligging van deze doorsneden is aangegeven op plaat 1- dokumentatie.



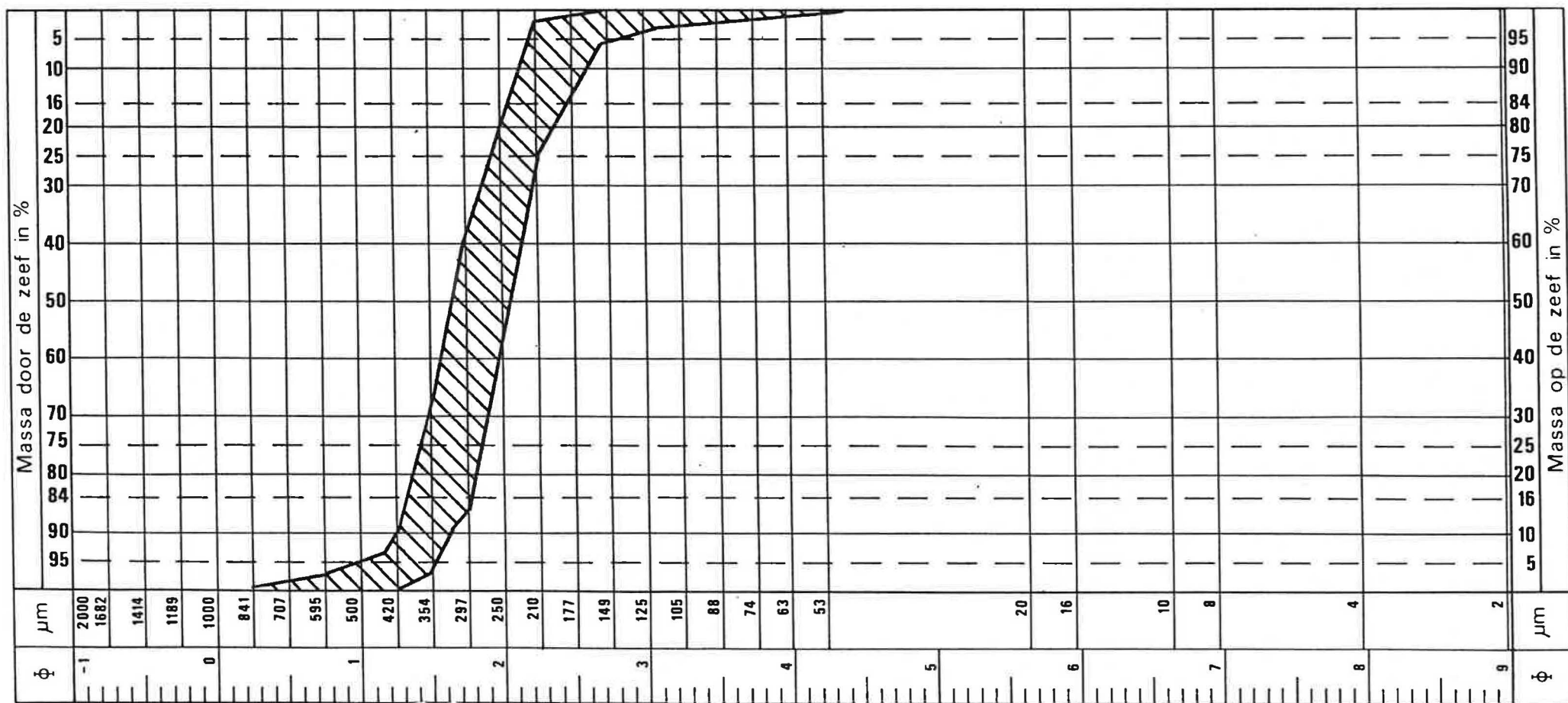


Fig. 22a - Kumulatieve kurven van de monsters uit de Zanden van Mol MII, (95 monsters)

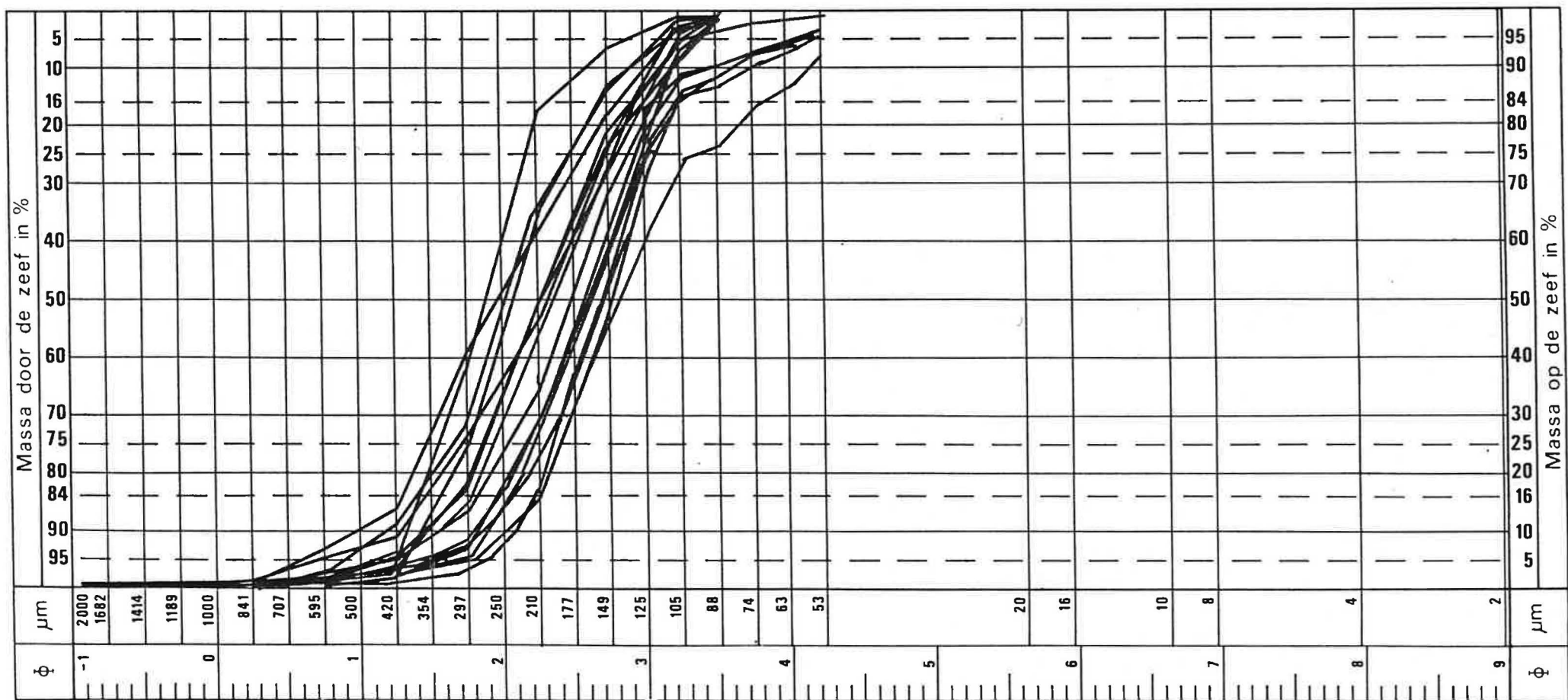


Fig. 22b - Kumulatieve kurven van de monsters uit de kwartaire dekzanden (17 monsters)

In de doorsnede AA' werden de boringen SB1, SB7, SB8, SB9, SB10, SB11, uitgevoerd door het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie samen met 2 boringen (RB1, RB5) van het Rijksinstituut voor Grondmechanica opgenomen. Op deze doorsnede werden ook de resistiviteitsmetingen, uitgevoerd in deze boorgaten (LN en KN) uitgezet. De grenzen tussen de verschillende litologische eenheden zijn indien mogelijk aangegeven.

De doorsnede BB' geeft een algemeen beeld van de bouw van de diepere litologische eenheden in relatie tot de Breuk van Rouw.

De grenzen tussen de verschillende litologische eenheden werden niet aangegeven daar geen gegevens beschikbaar zijn om de spronghoogte alsook de ligging van de Breuk van Rouw in deze formaties te bepalen.

De top van de Klei van Boom werd aangegeven zoals getekend op plaat 3.

3.3.2. Stijghoogten in de freatische watervoerende laag (plaat 9 en 10)

De stijghoogte op 18 april 1986 en 5 juli 1986 in de freatische laag (laag 2) werd voorgesteld op respectievelijk plaat 9 en 10. De lijnen van gelijke stijghoogte zijn getekend met een interval van 1 m. Ze worden verkregen door interpolatie tussen de punten, waarvan de stijghoogte werd opgemeten tijdens de vermelde periode. De opgemeten waterpeilen in de plassen en in de kanaalpanden werden aangeduid. De opgemeten peilbuizen en waterstanden werden eveneens aangeduid.

Op deze platen is duidelijk te zien dat de stijghoogte

in de freatische laag in sterke mate bepaald wordt door het Kempens Kanaal, het Kanaal van Beverlo, het irrigatiekanaal naar Postel, de irrigatiegrachten en de plassen in het gebied. Algemeen verloopt de grondwaterstroming van oost naar west, dit in overeenstemming met het dalende reliëf. In de onmiddellijke omgeving van de sluizen en de plassen komen sterke grondwaterstromingen voor, te wijten aan de kunstmatig in stand gehouden hogere of lagere waterstand in de betrokken plas of kanaal.

3.3.3. Hydraulische parameters

3.3.3.1. Bepaling van de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 uit de granulometrie en Pf-kurven

3.3.3.1.1. Granulometrie

De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 wordt afgeleid aan de hand van de grafiek van ECKIS (fig. 23). Uit de kumulatieve kurve wordt de korreldiameter d_{90} afgeleid, dit is de diameter die overeenstemt met 90% op de kumulatieve kurve. Uit de grafiek van ECKIS, waarin de relatie tussen bergingscoëfficiënt, de porositeit, het specifiek ophoudingsvermogen en d_{90} weergegeven wordt, wordt dan de overeenstemmende bergingscoëfficiënt S_0 afgelezen.

Van alle onderzochte monsters nabij de watertafel werd de korreldiameter d_{90} bepaald. De overeenstemmende bergingscoëfficiënt werd daarna op de grafiek van ECKIS afgelezen. De resultaten werden weergegeven in tabel 9.

Gemiddeld werd voor de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel een waarde van 25,4% gevonden.

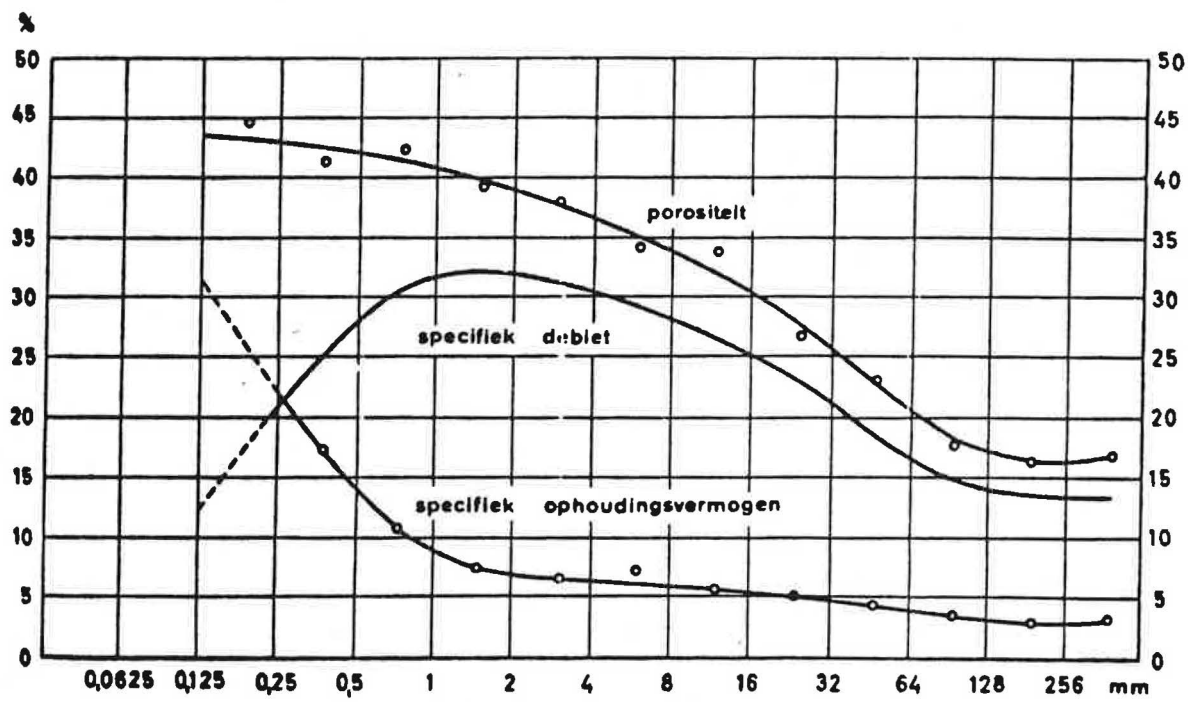


Fig. 23 - Verband tussen porositeit, specifiek debiet, specifiek ophoudingsvermogen en d_{90} (naar ECKIS, ROLLIN, 1954).

TABEL 9 - De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_o afgeleid uit de grafiek van ECKIS

Boring	litologische eenheid	diepte (m)	d_{90} (μm)	S_o (%)
SiB98	Kwartaire dekzanden	0 - 3	290	22
SiB99	Zanden van Mol MI	1 - 5	475	27
SiB100	Zanden van Mol MII	0 - 4	400	26
SiB101	Zanden van Mol MII	0 - 1	400	26
SiB102	Zanden van Mol MII	1 - 5	370	25
SiB103	Zanden van Mol MII	0 - 1	375	25
SiB104	Kwartaire dekzanden	0 - 3	365	24,1
SiB105	Kwartaire dekzanden	0 - 3	360	24,5
SiB106	Zanden van Mol MII	0 - 1	395	26
SiB107	Kwartaire dekzanden	0 - 2	400	26
SiB108	Kwartaire dekzanden	0 - 4	370	25
SiB109	Kwartaire dekzanden	0 - 3	440	26,5
SiB110	Kwartaire dekzanden	0 - 2	510	27,5
SiB140	Kwartaire dekzanden	0 - 2	370	25
gem.			394	25,4

3.3.3.1.2. Pf-kurven

In het Laboratorium voor bodemfysica van Prof. Dr. Ir. De Boodt werden de zuigspanningskurves bepaald van vijf onge-roerde monsters.

Bij verschillende zuigspanningen werd telkens de hoeveelheid vastgehouden water in het monster bepaald.

De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel is per definitie de hoeveelheid water per volume eenheid van de bodem, die, uitgaande van de verzadigde toestand, onder invloed van de zwaartekracht gedraineerd kan worden.

De bergingscoëfficiënt is gelijk aan het verschil van het watergehalte van het monster in verzadigde toestand ($PF=0$) en het watergehalte van het monster op veldkapaciteit ($PF=2$).

In tabel 10 werden de watergehalten in volumepercent en de overeenkomstige bergingscoëfficiënt voor verschillende waarden van zuigspanningen weergegeven.

De Pf-kurven werden weergegeven in fig. 24.

Gemiddeld werd een waarde van 32,8% berekend.

3.3.3.2. De pompproeven

3.3.3.2.1. Inleiding

De hydraulische kenmerken van de verschillende watervoe-rende lagen werden bepaald aan de hand van :

- de interpretatie van de pompproeven, uitgevoerd te Mol-Rouw voor de "hydrogeologische studie van het plassenge-

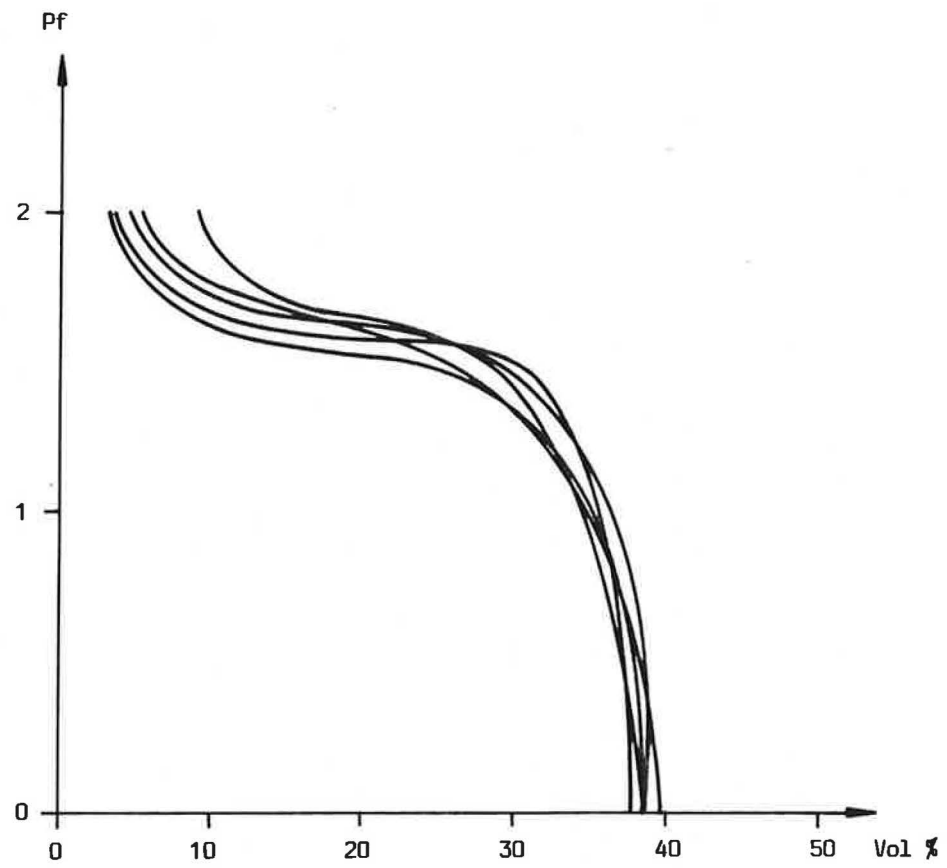


Fig. 24 - Pf-kurven van de ongeroerde monsters, ontnomen in de freatische watervoerende laag nabij de wattertafel.

TABEL 10 - Hoeveelheid water (volume %) vastgehouden in het monster bij verschillende zuigspanningen en de berekende bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_o .

Monster	PF = 0	PF = 1	PF = 1,48	PF = 1,70	PF = 1,85	Pr = 2,00	Bergingscoëfficiënt S_o
1	38,77	34,88	28,81	11,56	6,14	4,84	33,93
2	38,35	36,74	29,26	15,01	10,88	9,14	29,21
3	37,48	35,79	30,98	8,50	5,24	4,42	33,06
4	37,83	35,18	24,55	7,36	4,94	4,22	33,61
5	39,59	34,51	25,86	14,42	7,37	5,46	34,13

gemiddelde : 32,79

bied van Mol" (J.P. CNUUDE, 1978) met een mathematisch model (pompproef 1 en 2).

- de interpretatie van een pompproef uitgevoerd nabij de inplantingsplaats van de nieuwe sluis 1, te Mol, Blauwe Kei, eveneens met dit mathematisch model (pompproef 3).

Deze drie pompproeven lieten toe de hydraulische parameters in situ te bepalen. De resultaten van deze pompproeven worden hierna besproken.

3.3.3.2.2. Pompproeven 1 en 2 te Mol-Rouw

3.3.3.2.2.1. Hydrolitologie

Op de Klei van Boom, die hier als ondoorlatend substraat beschouwd wordt, rust een pakket overwegend zandige sedimenten van onder naar boven opgebouwd uit de Zanden van Voort, de Zanden van Antwerpen, de Zanden van Dessel, de Zanden van Diest, de Zanden van Kasterlee en de zanden van Mol MI. De top van de Klei van Boom bevindt zich hier op het peil -209. Het ligniet- en kleikomplex dat zich normaal boven de Zanden van Mol MI bevindt, werd in deze pompproefsite niet aangetroffen. Uit de granulometrie en de boorbeschrijvingen blijkt dat de sedimenten duidelijk gelaagd zijn en uit een afwisseling bestaan van fijn tot grof zand, al dan niet kleihoudend.

In figuur 25 werden de profielen alsook de geologische interpretatie van deze boringen, uitgevoerd voor deze pompproeven, weergegeven. Tevens werden de dieptes van de geplaatste filters aangegeven.

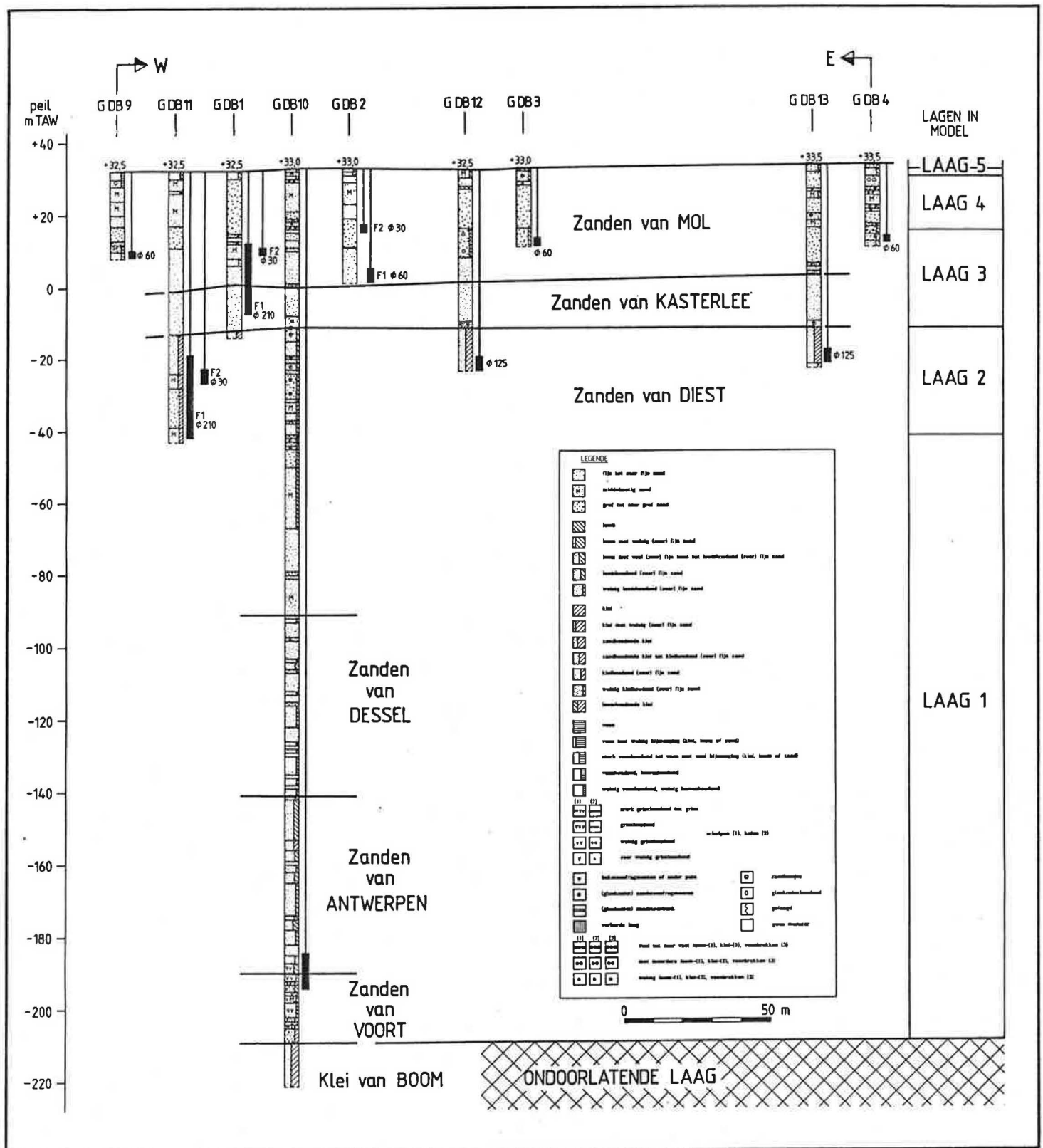


Fig. 25- Geologische bouw van de pompproefsite te Mol - Rouw (met aanduiding van de filters en de lagen in het model).

3.3.3.2.2.2. Uitvoering van de pompproeven

Bij pompproef 1 werd op de filter DB1F1 in de Zanden van Mol en de Zanden van Kasterlee gepompt gedurende 12926 minuten met een debiet van $1750 \text{ m}^3/\text{dag}$.

Bij pompproef 2 werd op de filter DB11F1 in de Zanden van Diest gepompt gedurende 12926 minuten met een debiet van $1680 \text{ m}^3/\text{dag}$. De daling en stijging na het stilleggen van de pomp werd telkens in alle beschikbare filters opgemeten.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de pompproeven verwijzen we naar de uitgevoerde studie (J.P. CNUUDE, 1978).

3.3.3.2.2.3. Interpretatie van de pompproefgegevens met een matematisch model

3.3.3.2.2.3.1. Algemeen

Voor de interpretatie volgens de klassieke methodes (THEIS en JACOB) verwijzen we naar de uitgevoerde studie (J.P.CNUUDE, 1978).

De uitgevoerde pompproeven werden met een recent ontwikkelde methode (L. LEBBE, 1983) geherinterpreteerd.

3.3.3.2.2.3.2. Methode

Door LEBBE (1983) werd een mathematisch model van de niet-permanente grondwaterstroming naar een pompput in een veel-lagig grondwaterreservoir uitgewerkt.

Onnauwkeurigheden te wijten aan de tekortkomingen die inherent zijn aan de grafische interpretatiemethodes treden niet

op wanneer men het volledig reservoir nabij de pompput en de grondwaterstromingen die erin heersen nabootst met een mathematisch model (L. LEBBE, 1983). Het opgestelde model "SIMPUM" is tweedimensionaal en axiaal-symmetrisch.

Vertikaal wordt het reservoir ingedeeld in een aantal lagen, die worden gekozen naargelang zijn hydrogeologische bouw. Verder wordt het reservoir verdeeld in een reeks ringen, concentrisch omheen de pompput aangebracht. De stralen van deze ringen laat men logaritmisch toenemen. Zo bekomt men een schikking van elementaire cellen waarvan de positie kan worden weergegeven door middel van de ring en de laag waartoe de cel behoort. De verste ring wordt op zodanig grote afstand van de pompput gebracht, dat er zeker geen verlaging meer zal optreden en de stijghoogte dus vast kan worden gehouden in die tijd.

Aan iedere laag wordt een waarde voor de dikte (D), de horizontale hydraulische doorlatendheid (k) en de specifieke elastische berging (S'_A) toegekend. Tussen iedere laag in dient een waarde voor de hydraulische weerstand (c) te worden ingevoerd. Voor iedere ring (d.w.z. op logaritmisch toenemende afstanden tot de pompput) berekent het model de evolutie van de verlagingen in de tijd. De berekeningen gebeuren door de eindigverschilmethode toe te passen op de wet van DARCY en de continuïteitswet. Het bekomen stelsel van differentiaalvergelijkingen wordt opgelost met een iteratief proces.

De berekende en de waargenomen tijd-verlagingskurven en afstand-verlagingskurven worden vergeleken. De ingevoerde hydraulische parameters moeten worden aangepast tot een voldoende overeenkomst is bereikt tussen de berekende en de waargenomen waarden. Een belangrijke hulp hierbij is het rekenprogramma SENPUM (L. LEBBE, 1985), dat toelaat de berekende verlagingen te onderwerpen aan een gevoe-

ligheidsanalyse. Aldus wordt aangegeven hoe de verlagingen zullen antwoorden op de aanpassing van een bepaalde parameter met een zekere faktor. Het spreekt vanzelf dat de verlaging, gemeten op een bepaalde plaats en een bepaald tijdstip, niet even gevoelig is voor elke ingevoerde parameter en omgekeerd.

3.3.3.2.2.3.3. Werkwijze en resultaten

Voor beide pompproeven werden de watervoerende sedimenten boven de Klei van Boom ingedeeld in vijf lagen. Hierbij werd rekening gehouden met geologische bouw en de plaats van de filters van de pompputten. De beschouwde lagen evenals alle geplaatste filters werden aangeduid op fig. 25.

Bij de pompproeven 1 en 2 werden respectievelijk laag 3 en laag 2 aangepompt.

Bij de eerste simulatie kent men hydraulische parameters toe aan de verschillende lagen; deze werden bekomen uit de resultaten van de klassieke grafische interpretatie-methodes, uit de resultaten van laboproeven of worden ingeschat steunend op de litologische kennis van het reservoir.

Na herhaalde simulaties, steeds met aangepaste (verbeterde) hydraulische parameters en na meerdere gevoeligheidsanalyses, werd de beste overeenkomst tussen de gemeten en de berekende verlagingen bekomen.

De waarden voor de hierbij ingevoerde hydraulische parameters werden openomen in tabel 11. De berekende en de gemeten verlagingen voor pompproef 1 en pompproef 2 zijn vergeleken in respectievelijk fig. 26 en fig. 27.

TABEL 11 - Ingevoerde hydraulische parameters waarbij de gemeten verlagingen het best benaderd worden (pompproeven 1 en 2)

Laag	Dikte (m)	hydraulische doorlatendheid k (m/dag)	specifieke elastische berging SA (m ⁻¹)	hydraulische weerstand (dagen)
5	2,0	12,0	$0,1 \cdot 10^{-3}$	C4 = 16 C3 = 4 C2 = 10 C1 = 8
4	15,0	12,0	$0,1 \cdot 10^{-3}$	
3	27,0	12,5	$0,32 \cdot 10^{-4}$	
2	29,0	12,5	$0,1 \cdot 10^{-3}$	
1	167,0	7,0	$0,1 \cdot 10^{-3}$	

Bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 : 0,01

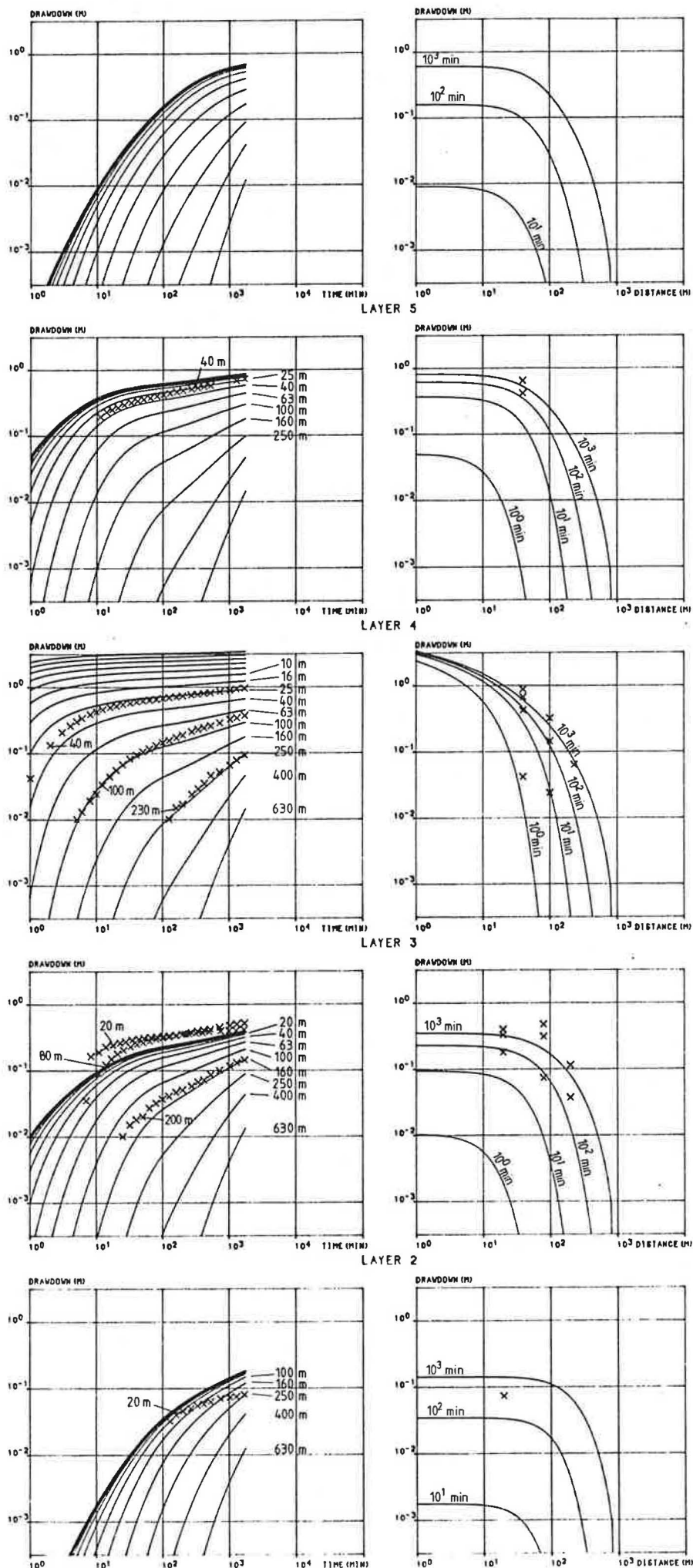


Fig. 26 - Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijnen) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef 1 te Mol - Rouw.

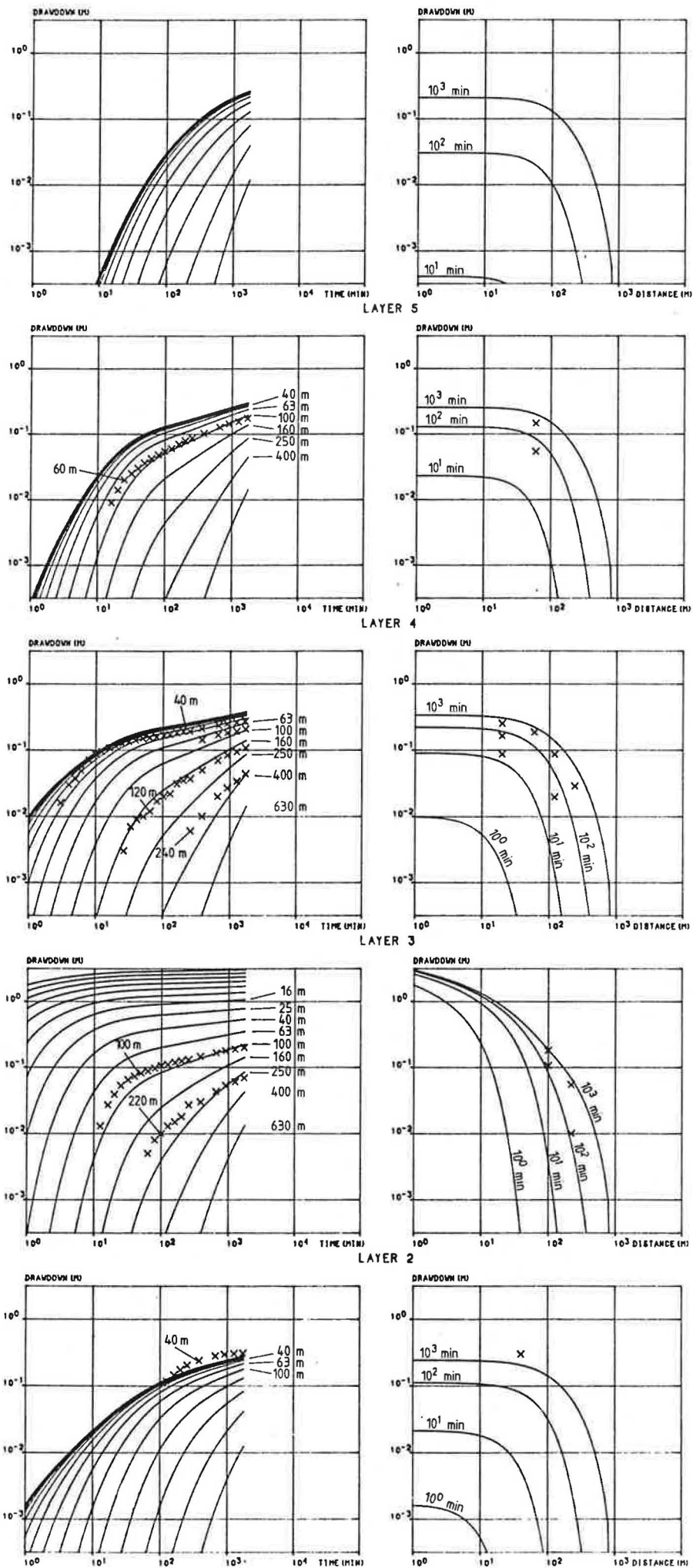


Fig. 27 - Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijn) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef 2 te Mol - Rouw.

3.3.3.2.3. Pompproef 3 te Mol, Blauwe Kei

3.3.3.2.3.1. Inleiding

Om de hydraulische parameters nabij de geplande nieuwe sluis 1 in situ te bepalen, werd een derde pompproef uitgevoerd. De ligging van de pompput en de peilbuizen werd aangegeven in fig. 10, de technische beschrijving werd in paragraaf 2.7. behandeld.

Door het Rijksinstituut voor Grondmechanica werd de hydraulische doorlatendheid k bepaald in het laboratorium op enkele ongeroerde monsters van de Zanden van Mol MI en MII uit de boringen RB1, RB3, RB4 en RB5. De resultaten zijn weergegeven in tabel 12. Deze analyses wijzen op een toenemende doorlatendheid k met toenemende diepte in de Zanden van Mol MII. Deze trend werd ook met de pompproef 3 vastgesteld.

3.3.3.2.3.2. Hydrologie

De hydrologische bouw nabij de geplande nieuwe sluis 1 vertoont enkele belangrijke verschillen met deze nabij de in vorige paragraaf 3.4.2. besproken pompproefsite :

- de Zanden van Mol MI zijn bedekt door de Zanden van Mol MII
- tussen deze eenheden bevindt zich een slecht doorlatende laag, het ligniet- en kleikomplex.

Tussen de Klei van Boom en het ligniet- en kleikomplex worden dezelfde formaties aangetroffen als in de pompproefsite te Mol-Rouw (zie ook plaat 8). De totale dikte van de lagen tussen de Klei van Boom en het ligniet- en kleikomplex be-

TABEL 12 - Doorlatendheden van de Zanden van Mol MI en MII, bepaald in het Laboratorium van het Rijksinstituut voor Grondmechanica.

Boring	Monster	Diepte (m)	k		geologische formatie
			(m/sec)	m/dag	
RB1	8	4,0	$1,1 \times 10^{-4}$	9,5	Zanden van Mol MII
	22	11,0	$1,7 \text{ à } 1,8 \times 10^{-4}$	15,6	Zanden van Mol MII
	36	18,0	$1,8 \times 10^{-4}$	15,6	Zanden van Mol MII
	61	29,0	$1,2 \times 10^{-4}$	10,4	Zanden van Mol MI
RB3	6	3,0	$1,0 \times 10^{-4}$	8,6	Zanden van Mol MII
	20	10,0	$1,4 \times 10^{-4}$	12,1	Zanden van Mol MII
	32	16,0	$2,1 \times 10^{-4}$	18,1	Zanden van Mol MII
RB4	10	5,0	$1,6 \times 10^{-4}$	13,8	Zanden van Mol MII
	19	9,5	$2,1 \times 10^{-4}$	18,1	Zanden van Mol MII
	25	12,5	$2,2 \text{ à } 2,3 \times 10^{-4}$	19,9	Zanden van Mol MII
	34	17	$2,7 \times 10^{-4}$	23,3	Zanden van Mol MII
RB5	22	11,0	$2,2 \times 10^{-4}$	19,0	Zanden van Mol MII
	40	20,0	$2,1 \times 10^{-4}$	18,1	Zanden van Mol MII
	49	24,0	$2,1 \times 10^{-4}$	18,1	Zanden van Mol MII
	59	29,0	$2,5 \text{ à } 2,8 \times 10^{-5}$	2,42	Zanden van Mol MI

draagt 328 m. De top van het ligniet- en kleikomplex, dat hier een dikte van 3 m bereikt bevindt zich op het peil + 17,6.

Boven dit ligniet- en kleikomplex bevinden zich ca. 21 m grove zanden nl. de Zanden van Mol MII, bedekt door ca. 2 m jong-kwartaire dekzanden.

3.3.3.2.3.3. Uitvoering van de pompproef 3 te Mol Blauwe Kei

Er werd gepompt op de pompput SB3 met een debiet van 32,4 m³/uur, gedurende 1290 minuten, de filter van de pompput bevindt zich in de zanden van Mol MII boven het ligniet- en kleikomplex van 10 - 22 m diepte onder het maaiveld. De verlagingen werden opgemeten in :

- de peilbuizen G SB4, G SB5, G SB6, waarvan de filters zich bevinden in de aangepompte laag (ter hoogte van de filter van de pompput)
- de peilbuis G SB2 waarvan de filter zich bevindt in de Zanden van Mol MII ongeveer een 5 m boven de top van de filter van de pompput
- de peilbuis SB1 waarvan de filter zich bevindt in de zanden van Mol MI onder het ligniet- en kleikomplex.

Een schematische voorstelling van de lagen en de diepten van de filters van de peilbuizen en de pompput alsook hun onderlinge afstand werd weergegeven in fig. 28.

3.3.3.2.3.4. Interpretatie van de pompproefgegevens

3.3.3.2.3.4.1. Correcties op de gemeten waarden

De stijghoogte in de halfafgesloten watervoerende laag onder het ligniet- en kleikomplex en de grondwaterstand in de freatische watervoerende laag werden voor, tijdens en na de

pomping geregistreerd in de peilbuizen G SB7 (F1 en F2) en G SB8 (F1 en F2), Rb1, Rb5, Rb1, Rb2, Rb3.

Uit deze metingen bleek dat :

- in de halfafgesloten watervoerende laag zich een natuurlijke daling voordeed tijdens de pompproef; de waarden van de gemeten verlagingen in de peilbuis G SB1 werden hiervoor gecorrigeerd.
- de grondwaterstand in de freatische watervoerende laag beïnvloed werd door een verhoogde irrigatie in de onmiddellijke nabijheid van de peilbuizen G SB8, Rb1, Rb2 en Rb3. De invloeden van deze irrigatie op de pomping zijn verwaarloosbaar.

3.3.3.2.3.4.2. Grafische bepaling van de hydraulische parameters

Uit de beschrijving van de boringen op ongeroerde monsters en de granulometrische gegevens alsook uit bepaling van de hydraulische doorlatendheid is af te leiden dat de aangepompte laag in de Zanden van Mol MII bestaat uit zeer goed doorlatende grove zanden.

De hydraulische parameters werden bepaald volgens de methode van WALTON. Hiervoor worden de tijd-verlagingskurven uitgezet van iedere peilbuis (fig. 29) van de aangepompte laag. Voor iedere stijghoogtebuis bekomt men na berekening een waarde voor de transmissiviteit en de elastische bergingscoëfficiënt van de aangepompte laag en een waarde van de hydraulische weerstand.

De transmissiviteit en de hydraulische weerstand werden eveneens bepaald volgens de methode van DE GLEE. Hiervoor wordt de afstand-verlagingskurve uitgezet op éénzelfde tijdstip na een lange tijd van pompen (fig. 30).

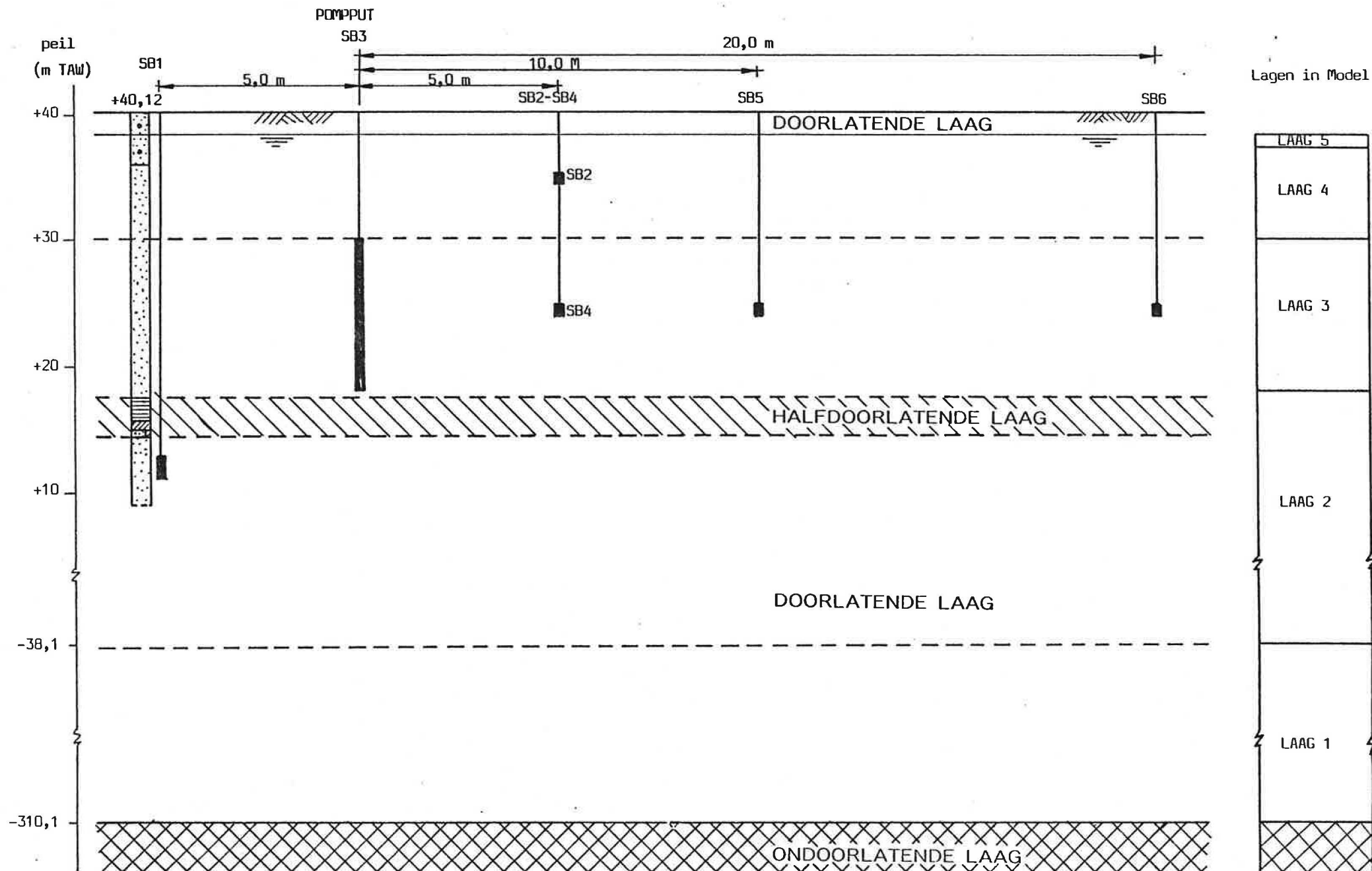


Fig. 28 - Schematische voorstelling van de lagen en de diepten van de filters van de peilbuizen en de pompput alsook hun onderlinge afstand van de pompproefs site te Mol, Blauwe Kei.

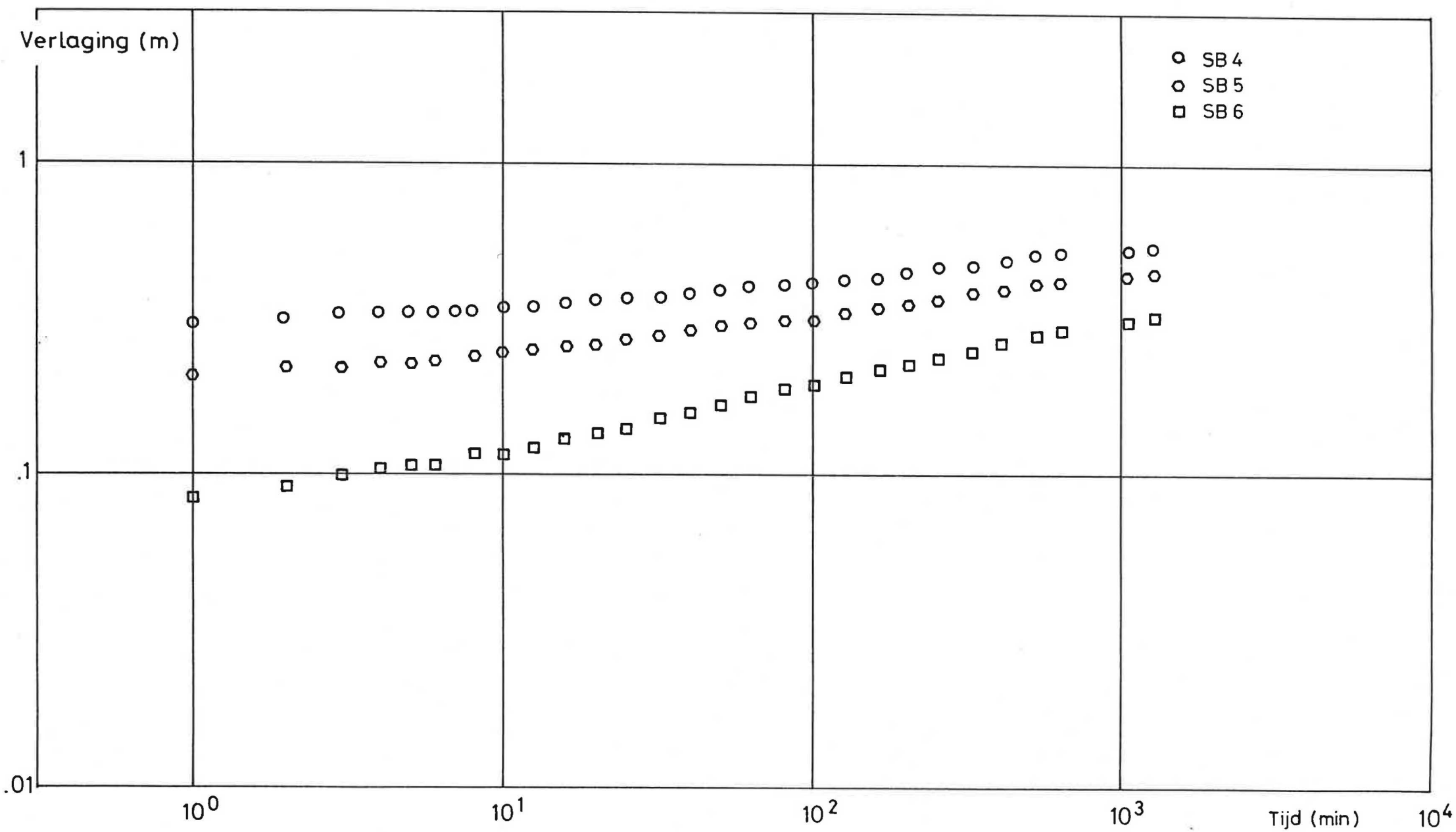


Fig. 29 - Verlagingen tijdens de pompproef te Mol, Blauwe Kei.

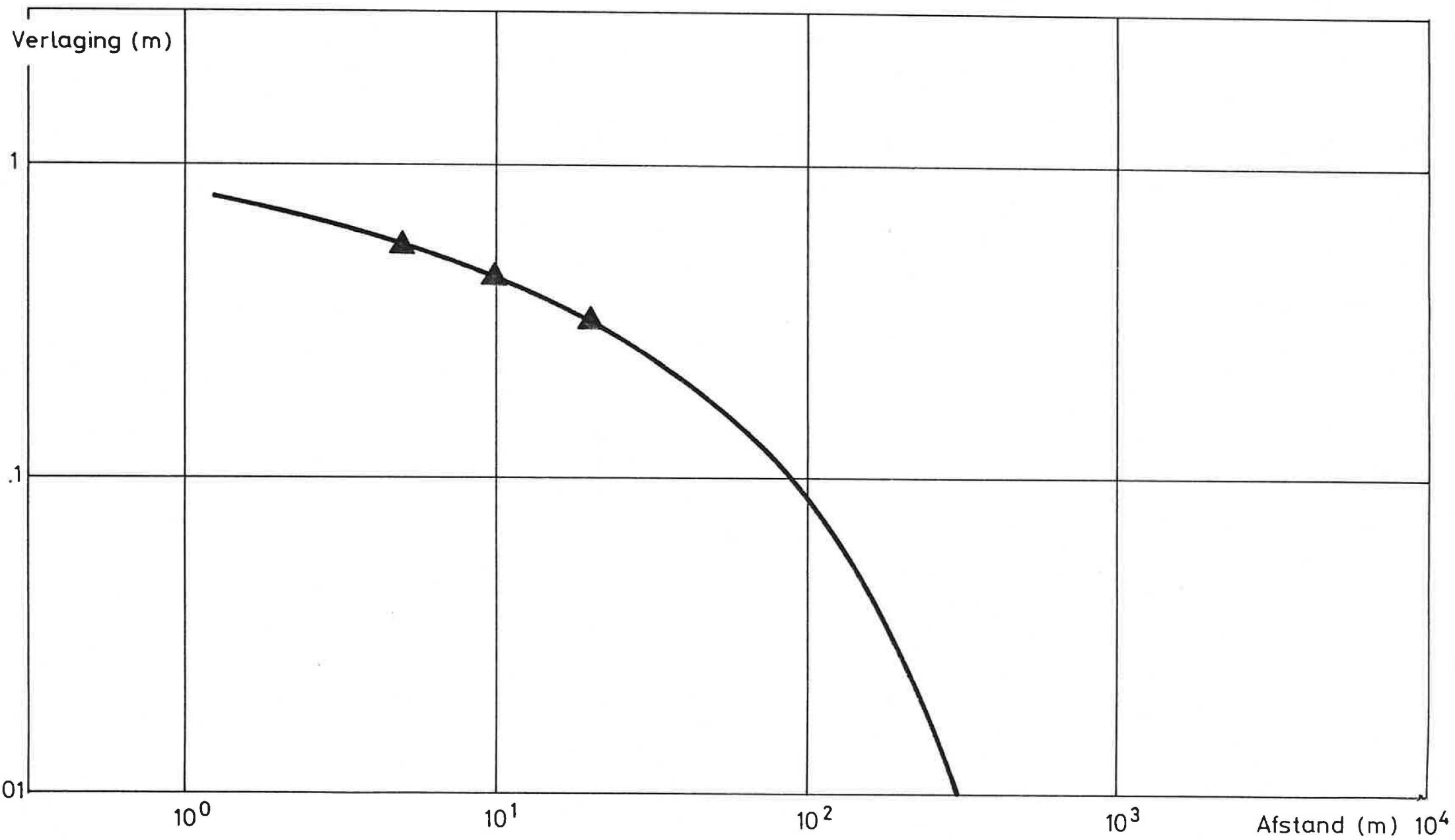


Fig. 30 - Maximale verlagingen tijdens de pompproef te Mol, Blauwe Kei.

De waarden van de hydraulische parameters bekomen via de grafische interpretatiemethodes variëren sterk. Dit is voornamelijk te wijten aan vereenvoudigingen die in deze methodes worden aangewend. Gevolgen hiervan zijn bv.

- de hoge transmissiviteitswaarden die worden berekend bij peilputten die verder van de pompput gelegen zijn
- de berekende hydraulische weerstand is de resultante van de c-waarden van de halfdoorlatende lagen die de aangepompte laag begrenzen.

Tevens is het bepalen van de hydraulische weerstand voor peilputten op korte afstand van de pompput volgens de methode van WALTON niet steeds eenduidig wegens de moeilijkheid de best passende standaardkurve te kiezen voor kleine r/L waarden.

Algemeen kunnen we stellen dat de waarden voor de transmissiviteit en de elastische bergingscoëfficiënt bekomen uit de afstand-verlagingskurven op het einde van de pompproef (DE GLEE) len de tijd-verlagingskurven (WALTON) van de dichtste peilbuizen, het best de werkelijke waarden benaderen.

Voor een meer gedetailleerde uiteenzetting van deze methodes wordt verwezen naar het werk van KRUSEMAN en DE RIDDER (1976). "Analyses and evaluation of pumping test data".

De bekomen parameters zijn samengevat in tabel 13.

3.3.3.2.3.4.3. Bepaling van de hydraulische parameters met een mathematisch model

De hydraulische parameters werden bepaald met een mathematisch model dat de niet-permanente grondwaterstroming naar een pompput in een veellagig grondwaterreservoir simuleert (L. LEBBE, 1983). De beginselen en de werking van dit model werd beschreven in par. 3.3.3.2.2.3.2.2.

Voor de interpretatie van de pompproef met het mathematisch model werden vijf lagen beschouwd :

- laag 1 omvat de zanden van Voort, Antwerpen, Dessel en Diest
- laag 2 omvat de Zanden van Kasterlee en Mol MI
- laag 3 omvat de aangepompte laag in de Zanden van Mol(MII
- laag 4 omvat de zanden van Mol(MII boven de aangepompte laag
- laag 5 is een dunne laag waarin zich de watertafel bevindt.

Een schematische voorstelling van de pompproefsite met aanduiding van de verschillende lagen werd weergegeven in fig. 30.

De hydraulische parameters, waarbij de beste overeenkomst tussen de gemeten en de berekende verlagingen bekomen werd, zijn weergegeven in tabel 14.

De beste overeenstemming tussen de gemeten en de berekende verlagingen met de parameters weergegeven in tabel 14, is voorgesteld in fig. 31.

3.3.4. Waterkwaliteit

3.3.4.1. Inleiding

Uit de geofysische boorgatmetingen, met name de resistiviteitsmetingen (KN, LN) was gebleken dat de gemeten waarden onder het ligniet- en kleikomplex gemiddeld 6 à 7 maal groter waren dan deze erboven. Dit verschil kon niet verklaard worden door louter litologische veranderingen en was hoogstwaarschijnlijk te wijten aan een andere kwaliteit van het poriënwater.

Dit werd onderzocht aan de hand van :

- resistiviteitsmetingen van het water onder en boven het ligniet- en kleikomplex

TABEL 14 - Ingevoerde hydraulische parameters waarbij de gemeten verlagingen
het best benaderd worden
(pompproef 3)

Laag	Dikte (m)	Hydraulische doorlatendheid k (m/dag)	Specifieke elastische berging CA (m ⁻¹)	Hydraulische weerstand (dagen)
5	1,0	12,0	$0,63 \cdot 10^{-4}$	C4 = 2,5 C3 = 1 C2 = 450 C1 = 140
4	7,5	12,0	$0,63 \cdot 10^{-4}$	
3	12,0	78,0	$0,12 \cdot 10^{-4}$	
2	56,0	12,5	$0,1 \cdot 10^{-3}$	
1	272,0	7,0	$0,1 \cdot 10^{-3}$	

Bergingscoëfficiënt nabij de watertafel $S_0 = 0,012$

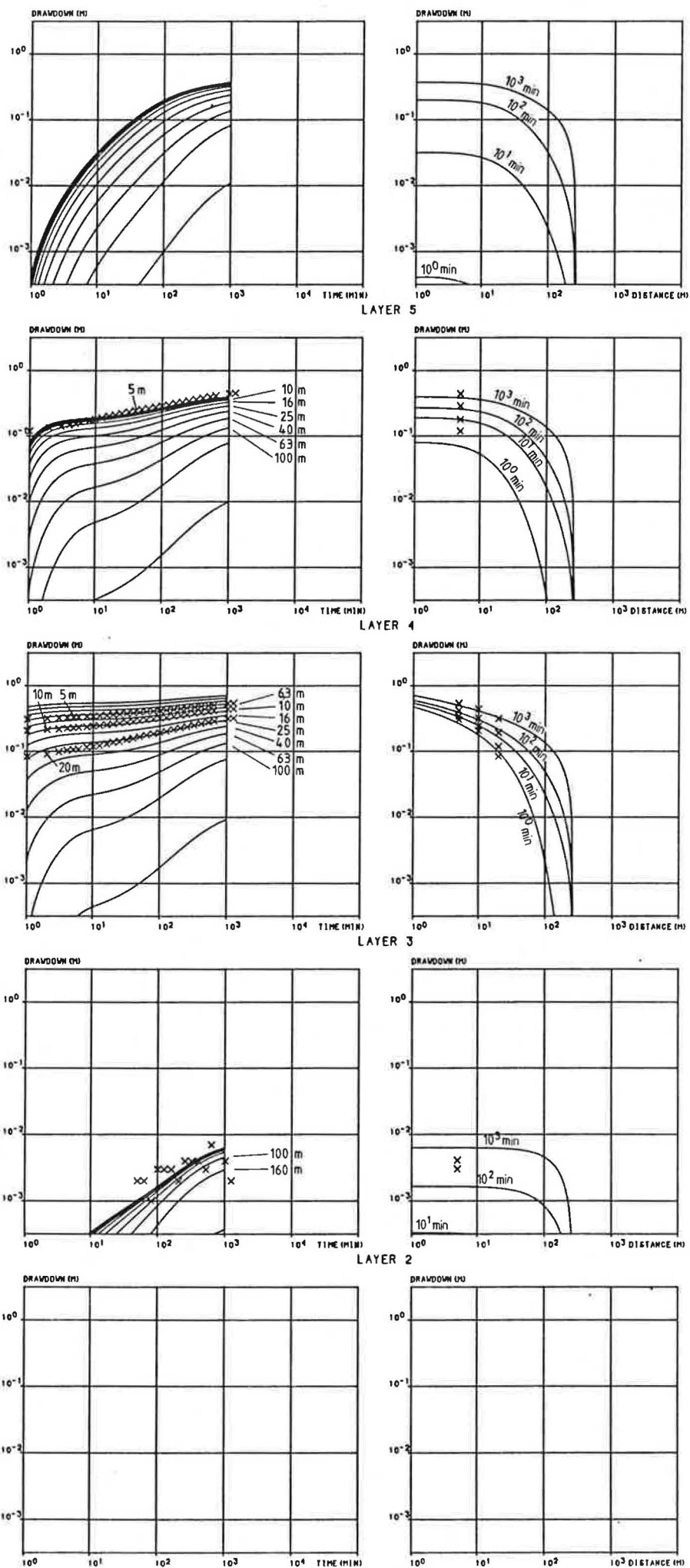


Fig. 31 - Vergelijking van de berekende verlaging (volle lijn) met de gemeten verlaging (x) voor de pompproef 3 te Mol, Blauwe Kei.

- wateranalyses op monsters, afkomstig uit de peilbuizen G SB3 (boven het ligniet- en kleikomplex) en G SB1, G SB7 (onder het ligniet- en kleikomplex).

3.3.4.2. Resistiviteit van het water

De resistiviteit van het opgepompte water uit de peilbuizen G SB2, 5 en 6 boven het ligniet- en kleikomplex en G SB1 onder het ligniet- en kleikomplex werd na vijftien minuten pompen gemeten. De gemeten waarden zijn voorgesteld in tabel 15.

Tabel 15 : Gemeten resistiviteiten van het opgepompte water uit G SB1, G SB2, G SB5, G SB6.

Put	Resistiviteit (Ω m)
SB1	4500
SB2	740
SB5	817
SB6	762

Uit deze metingen blijkt dat de resistiviteit van het water onder het ligniet- en kleikomplex ca. 6 maal groter is dan erboven.

3.3.4.3. Watermonsters

In tabel 16 zijn de waarden voor de belangrijkste onderzochte parameters samengevoegd. De watermonsters uit de put G SB3 zijn afkomstig uit de Zanden van Mol MII boven het ligniet- en kleikomplex. De watermonsters uit SB1 en SB7 zijn afkomstig uit de Zanden van Mol MI onder het ligniet- en kleikomplex. Volgens een indeling van het grondwater naar de ge-

leidbaarheid (G. DE MOOR, W. DE BREUCK, 1969) behoort het water boven het ligniet- en kleikomplex tot de matig zoete waters terwijl deze onder het ligniet- en kleikomplex tot de zeer zoete waters gerekend kunnen worden (zie tabel 16).

Een andere klassifikatie, die als basis de chemische samenstelling neemt, is gebaseerd op de voorstellingswijze in een PIPER-diagram waarbij de relatieve ionenverdeling voor de meest voorkomende ionen in twee driehoeksdiagrammen en een ruitdiagram worden uitgezet (fig. 32). Volgens de klassifikatie van DAVIS en DE WIEST (1967) die steunt op een PIPER-diagram is het water boven het ligniet- en kleikomplex van het calcium bicarbonaat-chloride tot het gemengde type Calcium bicarbonaat-chloride-sulfaattype en het water onder het ligniet- en kleikomplex van het calcium sulfaat-bicarbonaattype.

3.4. HET MATEMATISCH MODEL

3.4.1. Algemene beschrijving

In het gebruikte matematische model wordt een veellagig grondwaterreservoir beschouwd, opgebouwd uit een aantal doorlatende en half- of niet doorlatende lagen. In de doorlatende lagen wordt de stroming uitsluitend horizontaal beschouwd, in de slecht doorlatende lagen uitsluitend vertikaal. Onderaan is het veellagig grondwaterreservoir steeds begrensd door een ondoorlatend substraat, bovenaan door de grondwaterspiegel. Door deze vereenvoudiging kan het aantal lagen in het model sterk beperkt worden.

Een voorbeeld van een vereenvoudigd veellagig grondwaterreservoir is weergegeven in fig. 33.

Verder kan men volgende basisgegevens in het model invoeren :

Tabel 16. Voornaamste resultaten van de wateranalyses

	Monster 1	Monster 2	Monster 3	Monster 4
Put	SB3	SB3	SB1	SB7
T lucht bij monstername (°C)	12,5	6,7	11,4	11,4
T water bij monstername (°C)	12,0	12,0	10,7	10,4
Geleidbaarheid (µS/cm)	489	511	55,4	53,7
pH	7,08	7,24	6,29	6,19
Totale hardheid (Fr°)	19,05	20,38	3,03	2,75
Tijdelijke hardheid (Fr°)	6,01	8,33	1,03	0,52
Blijvende hardheid (Fr°)	13,04	12,05	2,00	2,23
Na ⁺ (mg/l)	42,91	41,84	4,43	4,41
K ⁺ (mg/l)	5,56	4,61	1,13	1,30
Ca ⁺⁺ (mg/l)	59,56	66,91	11,42	10,19
Mg ⁺⁺ (mg/l)	7,80	8,29	1,11	1,06
Fe ⁺⁺⁺ (+Fe ⁺⁺) (mg/l)	0,05	0,02	1,64	1,62
Mn ⁺⁺ (mg/l)	0,06	0,07	0,10	0,11
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,68	0,02	0,09	0,09
Cl ⁻ (mg/l)	65,72	64,35	8,34	7,32
SO ₄ ⁻⁻ (mg/l)	69,15	67,09	20,58	19,14
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,57	0,74	0,06	0,06
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,18	0,14	0,31	0,35
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	145,18	170,19	20,13	18,91
CO ₃ ⁻ (mg/l)	0	0	0	0
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,24	0,16	0,20	0,16

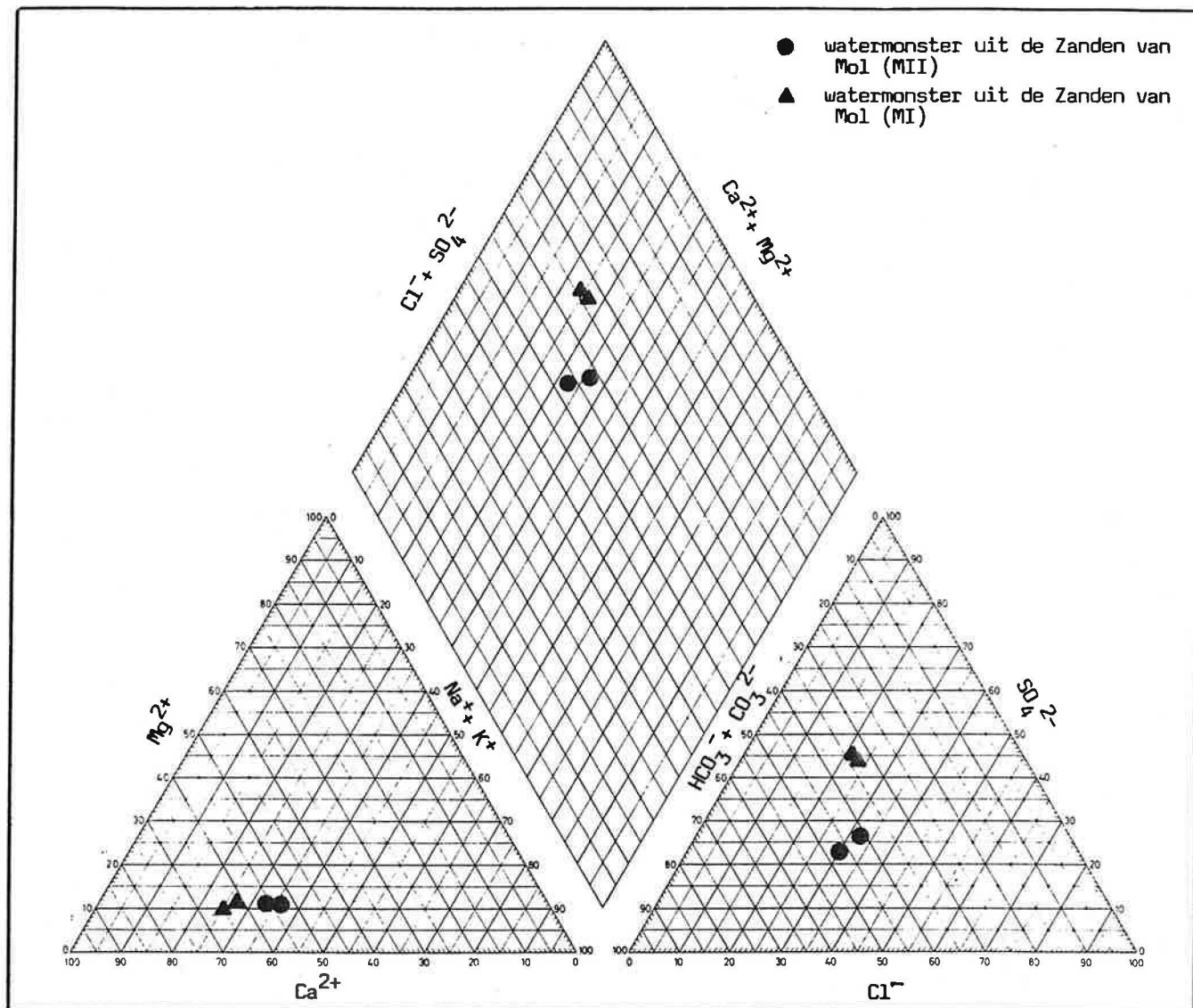


Fig. 32 - Piperdiagram van de wateranalysen.

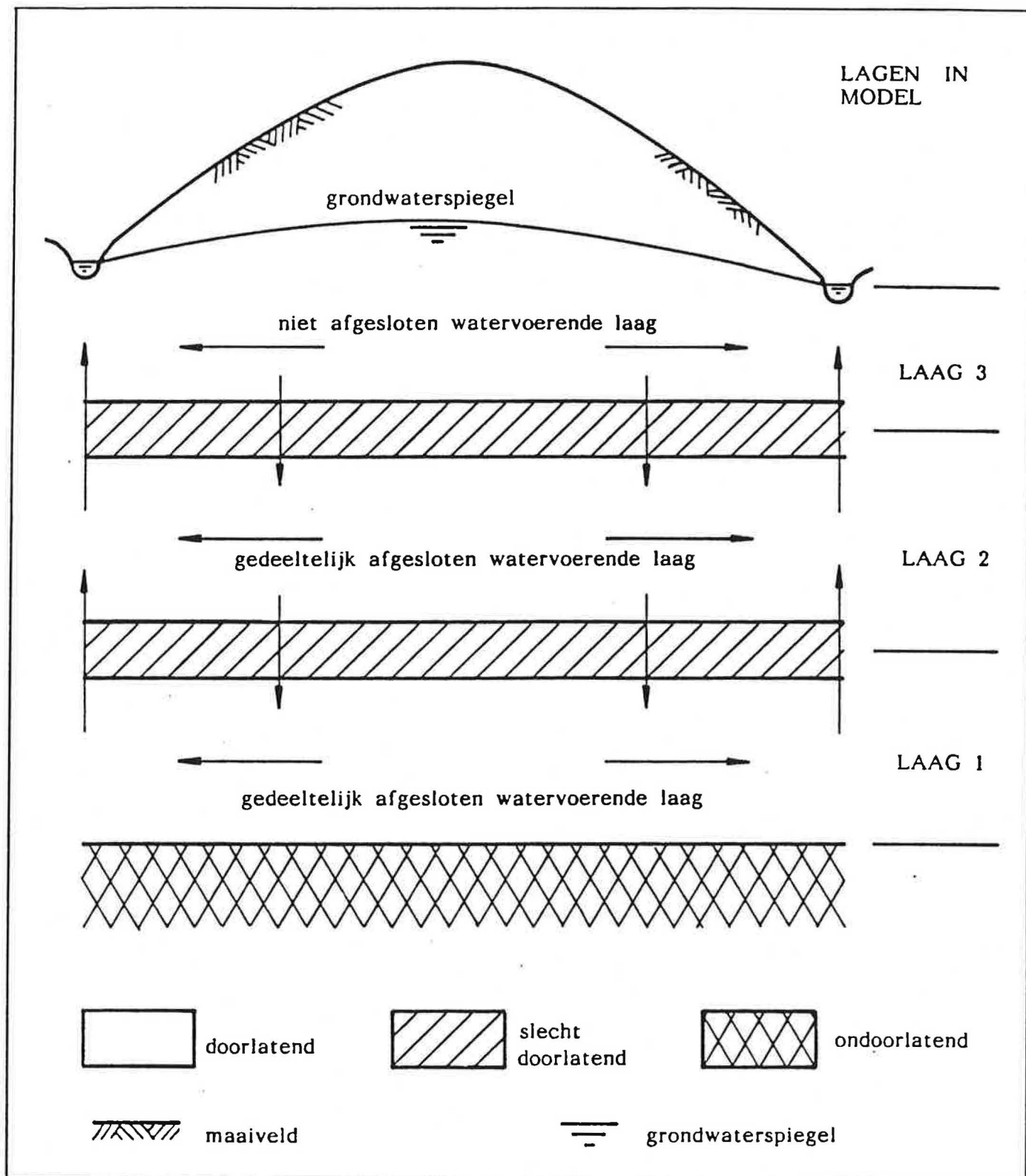


Fig. 33 - Schema van het grondwaterreservoir in het mathematisch model.

- voeding door neerslag e.a. van het grondwaterreservoir
- water onttrekken (pomp) of injecteren op een bepaalde plaats in een bepaalde laag
- waterlopen in de bovenste laag
- vaste stijghoogten op bepaalde plaatsen, kanalen, vijvers, in de bovenste laag.

Steunend op de wet van Darcy en het continuïteitsprincipe, kan men de differentiaalvergelijking opstellen die de grondwaterstroming in het reservoir beschrijft. Deze wordt dan opgelost met de eindigverschil methode.

Het model kan zowel een permanente (tijdsafhankelijke) als een niet-permanente (tijdsafhankelijke) stroming simuleren.

3.4.2. Principes van het model

3.4.2.1. Indeling in cellen

Het grondwaterreservoir wordt in een eindig aantal kubusjes of cellen ingedeeld (fig. 34). Deze komen voor in kolommen, rijen en lagen.

Het aantal kolommen en rijen wordt gekozen naargelang het modelgebied, het aantal lagen komt overeen met het aantal doorlatende lagen beschouwd in het modelgebied.

De breedte van de kolommen en rijen, alsook de dikte van de lagen hoeven niet konstant te zijn.

Om de oriëntatie van het grondwaterreservoir ondubbelzinnig vast te stellen, gebruikt men de richtlijnen "noord", "zuid", "west" en "oost". De nummering gebeurt voor de kolommen van west naar oost, voor de rijen van noord naar zuid, en voor de lagen van onder naar boven.

3.4.2.2. Het studiegebied en de grensvoorwaarden

Bij het oplossen van zowel een differentiaalvergelijking als een eindigverschil vergelijking, moet rekening gehouden

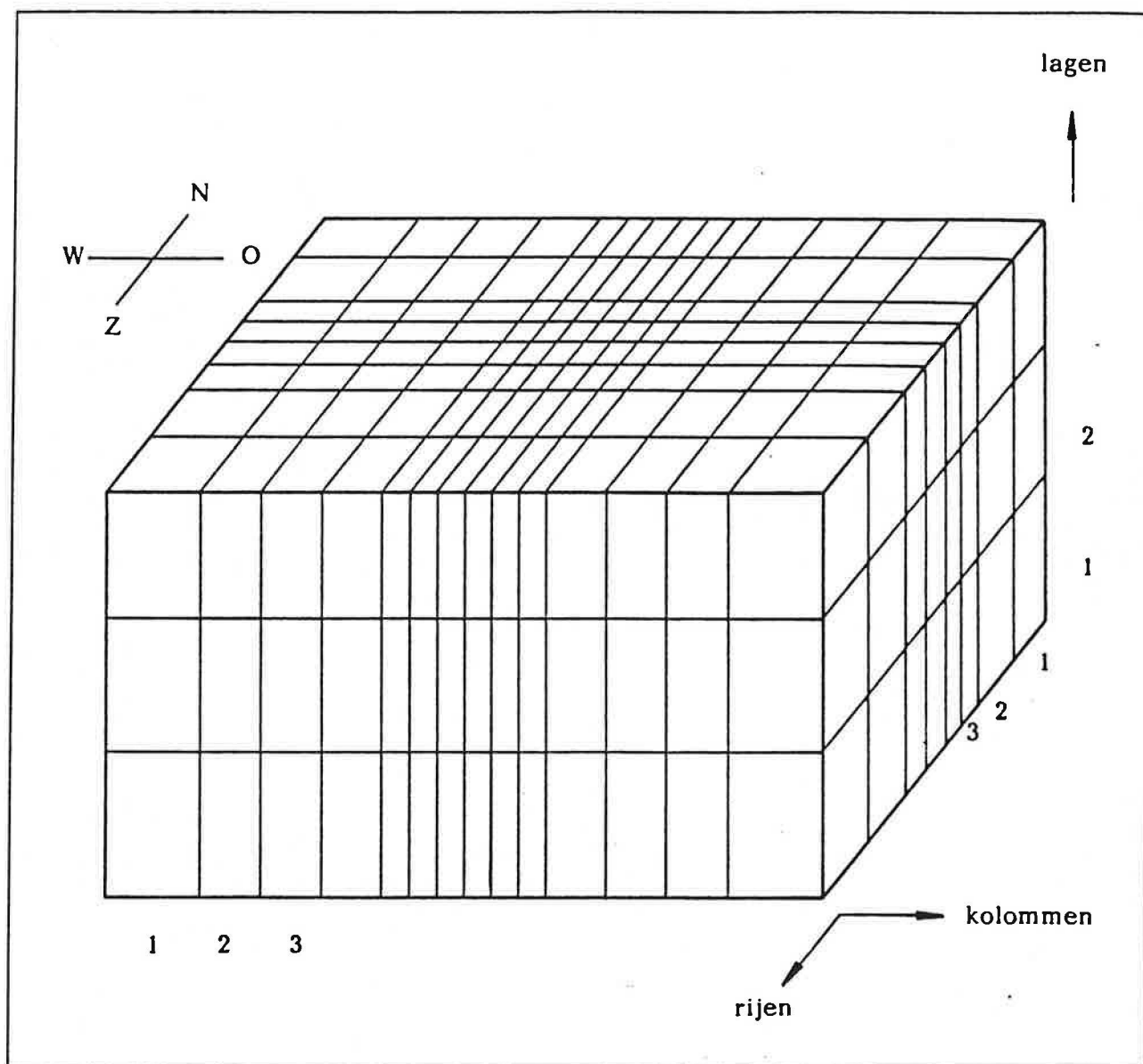


Fig. 34 - Eindig-verschil netwerk.

worden met de grensvoorwaarden.

Dit betekent dat in de cellen, die het modelgebied begrenzen, de grensvoorwaarde voor elke cel moet vastgelegd worden. In deze grenscellen worden geen berekeningen uitgevoerd. Het modelgebied komt dus overeen met de cellen die binnen deze grenscellen gelegen zijn (fig. 35).

Er zijn twee grensvoorwaarden mogelijk :

1. vaste stijghoogtegrens :

de wand tussen de grenscel en een cel uit het studiegebied is doorlatend. De stijghoogte in de grenscel moet omschreven worden;

2. ondoorlatende grens :

de wand tussen de grenscel en een cel uit het studiegebied is doorlatend. In dit geval moet geen stijghoogte in de grenscel omschreven worden.

De vorm van het modelgebied, bepaald door de grenscellen kan rechthoekig zijn of meer complexe vormen aannemen.

3.4.2.3. De hydraulische parameters

Voor elke beschouwde laag dienen voor elke cel een aantal hydraulische parameters, die deze laag zullen karakteriseren, te worden ingevoerd :

- de horizontale doorlatendheid voor elke beschouwde doorlatende laag;
- de hydraulische weerstand voor elk grensvlak tussen twee doorlatende lagen.

De horizontale doorlatendheid is per definitie de hoeveelheid water die per tijdseenheid horizontaal door een vertikaal eenheidsoppervlak stroomt onder een stijghoogteverhang gelijk aan de eenheid. De horizontale doorlatendheid bepaalt dus de horizontale stroming in een doorlatende laag. De hydraulische weerstand tussen twee boven elkaar gelegen punten is de reciproke waarde van de hoeveelheid water die

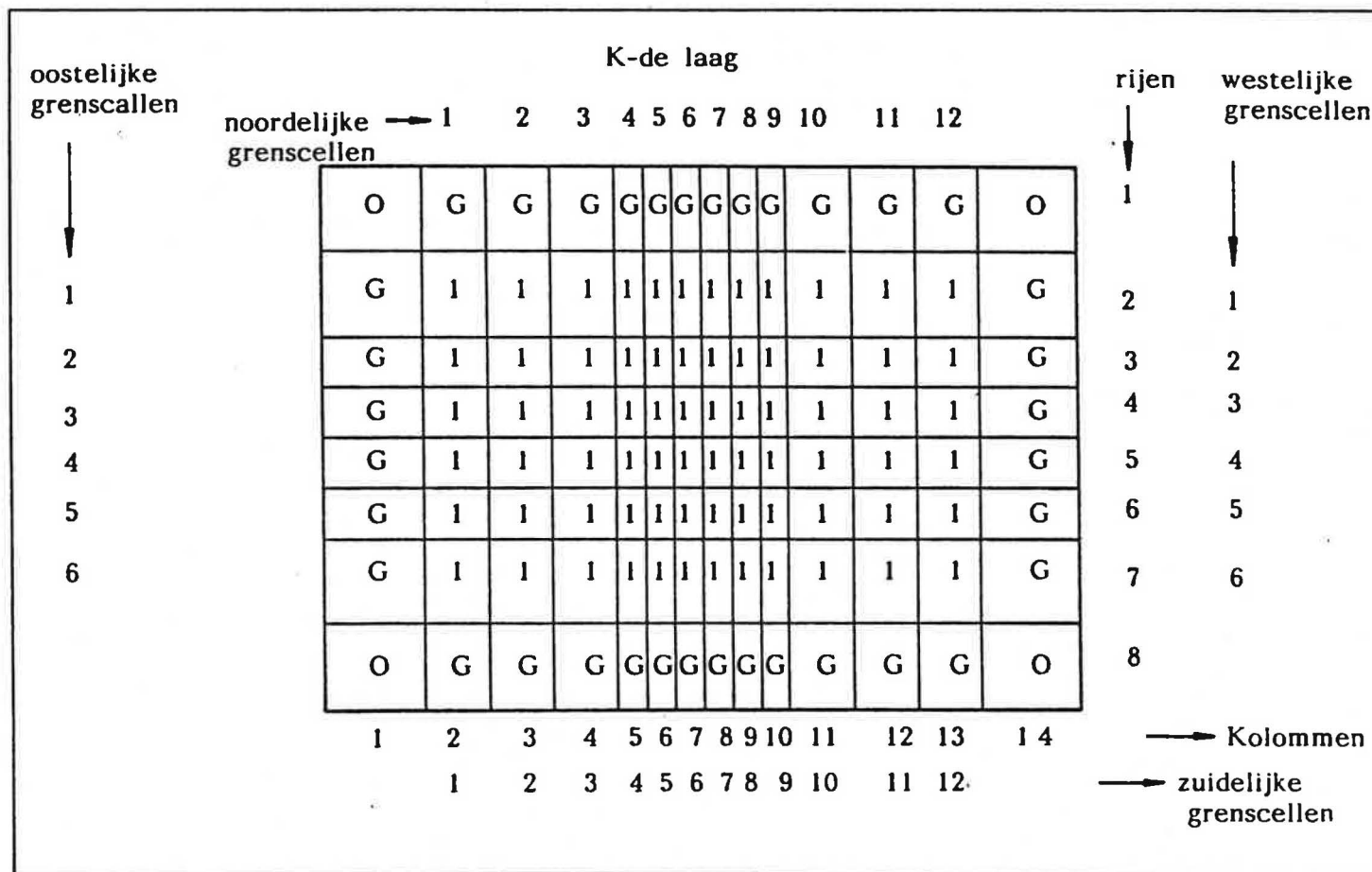


Fig. 35 - Ligging van de grenzen in een eenvoudig rechthoekig studiegebied.

per tijdseenheid en per oppervlakte-eenheid vertikaal door een horizontaal oppervlak stroomt, als het stijghoogteverschil tussen die twee punten gelijk is aan de eenheid. De hydraulische weerstand bepaalt dus de verticale stroming door een slecht doorlatende laag.

3.4.2.4. Infiltratie

De niet-afgesloten watervoerende laag kan van bovenaf gevoed worden door infiltratie (neerslagoverschot). De waarde van deze infiltratie wordt uitgedrukt in mm/jaar. Per cel kan men ingeven hoeveel procent van deze waarde infiltreert.

3.4.2.5. Pumpingen en injecties

De hoeveelheid water, die per tijdseenheid uit een cel wordt gepompt of in een cel wordt geïnjecteerd, kan in elke cel van elke laag worden ingevoerd in m^3/dag .

3.4.2.6. Punten met vaste stijghoogte

Het is mogelijk in het modelgebied zelf een aantal punten of cellen met vaste stijghoogte te beschouwen. Punten met vaste stijghoogte kunnen voorkomen door de aanwezigheid van een kanaal, een plas, een drainage, e.d.

Punten of cellen met vaste stijghoogte kunnen in elk van de doorlatende lagen voorkomen. In een gedeeltelijk afgesloten watervoerende laag echter mag een punt met vaste stijghoogte slechts voorkomen op voorwaarde dat de er juist boven gelegen cel ook een vaste stijghoogte heeft.

3.4.2.7. Waterlopen

In de niet-afgesloten (freatische) watervoerende laag kunnen ook waterlopen (beken, grachten) voorkomen. Deze zijn in

verhouding tot de oppervlakte van de cellen waarin ze voorkomen te klein om aan deze cellen een vaste stijghoogte toe te kennen.

Voor elke cel waarin de waterloop stroomt moeten de coördinaten van de cel, het vloerpeil van de waterloop en de kontaktfaktor ingevoerd worden. Men vangt aan met de cel waarin de waterloop begint en men volgt deze in stroomafwaartse richting.

Een waterloop vangt aan ergens in het modelgebied en verlaat dit aan de rand ervan of mondt uit in een andere waterloop. De gemiddelde vloerhoogte van de rivier in een cel wordt steeds beschouwd ten overstaan van de onderkant van de niet-afgesloten watervoerende laag in het model.

De kontaktfaktor is een theoretische parameter die aangeeft hoeveel water per tijdseenheid door de rivier in de cel gedraineerd of geïrrigeerd wordt als het stijghoogteverschil tussen de stijghoogte in de cel en de vloerhoogte gelijk is aan de eenheid.

De waarde van de kontaktfaktor is afhankelijk van de verhouding van de oppervlakte van de rivier in de cel tot de oppervlakte van de cel alsook van de doorlatendheid van de bedding van de rivier in de cel en wordt uitgedrukt in m^2/dag .

3.4.3. Het invoeren van de gegevens

3.4.3.1. Algemeen

Het invoeren van gegevens gebeurt met twaalf invoerprogramma's. De invoer gebeurt volgens de gebruikelijke Fortran-formaten. Een eerste stap bestaat uit het inbrengen van alle basisgegevens nodig om het mathematisch model te maken:

1. schematisatie van het grondwaterreservoir :

- de invoer van het aantal kolommen, rijen en lagen,
de breedte van de kolommen, de breedte van de rijen,
de dikten van de lagen en de vorm van het modelgebied;

- de invoer van de grensvoorwaarden
- 2. invoeren van de hydraulische parameters :
 - de invoer van de hydraulische doorlatendheid
 - de invoer van de hydraulische weerstand.

Een tweede stap bestaat uit het inbrengen van alle gegevens om de huidige toestand te simuleren. Als laatste stap werden de gegevens voor het simuleren van de verschillende stadia in de uitvoering van de geplande moderniseringswerken ingegeven.

3.4.3.2. Invoer van de basisgegevens

3.4.3.2.1. Schematisatie van het grondwaterreservoir

De geplande nieuwe sluis 1 werd in het centrum van het modelgebied geplaatst. Op het modelgebied werd een mazennetwerk gepast met kleine vierkante mazen in het centrum van het modelgebied en grote vierkante mazen naar de hoeken toe, hierbij werd een geleidelijke overgang van kleine naar grote mazen voorzien (plaat 11).

De zijde van de kleine mazen bedraagt 25 m, van de grote mazen 100 m. Het netwerk bestaat uit 50 rijen en 60 kolommen. De plas van Mol-Rouw in het zuidwesten van het modelgebied werd niet in het modelgebied opgenomen.

Aldus bekomen we een mazennetwerk dat 50 x 60 of 3.000 cellen bevat, waarvan 249 cellen die de plas van Mol-Rouw bestrijken, niet worden behandeld in het model.

Rekening houdend met de probleemstelling en de resultaten van het hydrogeologisch onderzoek kan het grondwaterreservoir opgedeeld worden in twee watervoerende lagen, een half-afgesloten watervoerende laag en een niet afgesloten (freatische) watervoerende laag van elkaar gescheiden door een slecht doorlatende laag, het ligniet- en kleikomplex. De half-afgesloten watervoerende laag is gesitueerd tussen het ligniet- en kleikomplex en de top van de Klei van Boom.

Het omvat volgende litostratigrafische eenheden : Zanden van Voort, Zanden van Anwerpen, Zanden van Dessel, Zanden van Diest, Zanden van Kasterlee, Zanden van Mol MI.

De dikte van de freatische watervoerende laag wordt in het model bepaald uit de berekende stijghoogte van de freatische laag en het peil van de top van de slecht doorlatende laag. Dit peil werd afgeleid uit plaat 4. De halfafgesloten watervoerende laag is laag 1, de niet afgesloten (freatische) watervoerende laag is laag 2 in het model.

Het grondwaterreservoir wordt aldus opgedeeld in $50 \times 60 \times 2 = 6.000$ cellen, waarvan in 5.502 cellen van het mathematisch model gerekend wordt. De stijghoogten worden berekend ten overstaan van een referentievlak dat hier samenvalt met het TAW-referentievlak.

De zuidgrens ten oosten van de plas van Mol-Rouw en de noordgrens van het modelgebied werden als ondoorlatende grenzen ingevoerd, daar deze evenwijdig met de stroomrichting van het grondwater lopen (zie plaat 11).

De west- en oostgrens alsook de grens langs de plas van Mol-Rouw werden ingevoerd als vaste stijghoogtegrenzen.

De grensvoorwaarden zijn dezelfde voor laag 1 en laag 2.

3.4.3.2.2. Ingevoerde hydraulische parameters

3.4.3.2.2.1. De hydraulische doorlatendheid

In de doorlatende lagen stroomt het water hoofdzakelijk horizontaal. Deze stroming wordt dan ook bepaald door het produkt van de horizontale hydraulische doorlatendheid met de dikte van de doorlatende laag. In iedere cel van het netwerk zou dus de dikte en de horizontale doorlatendheid ingevoerd moeten worden.

Om echter de ingevoerde gegevens te beperken werd slechts één dikte van de halfafgesloten watervoerende laag ingevoerd. De ingevoerde waarden van de hydraulische doorlatendheid

moeten dan zo bepaald worden dat het produkt van de ingevoerde waarde van de hydraulische doorlatendheid in iedere cel met de ingevoerde dikte gelijk is aan het produkt van de gemiddelde horizontale doorlatendheid van de laag vermenigvuldigd met de werkelijke dikte van de laag in ieder punt of uitgedrukt in een vergelijking.

$$K(I,J,K)_{\text{invoer}} \times D(K)_{\text{invoer}} = K(I,J,K)_{\text{werkelijk}} \times D(I,J,K)_{\text{werkelijk}}$$

waarbij :

$K(I,J,K)_{\text{invoer}}$, de ingevoerde waarde van de hydraulische doorlatendheid voor iedere cel I,J van de laag K (m/dag)

$D(K)_{\text{invoer}}$, de enige ingevoerde waarde van de dikte van de halfafgesloten watervoerende laag K (m)

$K(I,J,K)_{\text{werkelijk}}$, de horizontale doorlatendheid van laag K in de cel I,J (m/dag)

$D(I,J,K)_{\text{werkelijk}}$, de dikte van de laag K in de cel I,J (m)

Bij laag 1, de halfafgesloten watervoerende laag werd de enige ingevoerde waarde van de dikte gelijk gesteld aan de gemiddelde dikte in het modelgebied, nl. 300 m. Met behulp van bovenstaande formule werd de ingevoerde waarde van de hydraulische doorlatendheid voor iedere cel berekend. De dikte van de laag in iedere cel werd bepaald uit de isohysenkaart van de top van de Klei van Boom en de isohypsenkaart van de top van het ligniet- en kleikomplex. De horizontale doorlatendheid van deze laag werd overal gelijk gehouden aan 8 m/dag. Dit is de gemiddelde horizontale doorlatendheid van deze laag bepaald door de pompproeven.

Bij laag 2, de niet-afgesloten watervoerende laag, wordt de dikte van de laag in het model zelf berekend uit de ingevoerde top van de bovenste slecht doorlatende laag, het ligniet-klei complex en de berekende stijghoogte van de niet-afgesloten watervoerende laag, die het peil van de watertafel weergeeft. De horizontale doorlatendheid van deze laag

werd overal gelijk gehouden aan 30 m/d. Dit is eveneens een gemiddelde waarde van de horizontale doorlatendheden bepaald bij de verschillende pompproeven.

3.4.3.2.2.2. De hydraulische weerstand

Het ligniet- en kleikomplex is de slecht doorlatende laag tussen laag 1 en laag 2. Om de hydraulische weerstand van dit complex te bepalen werd bij pompproef 3 de verlaging gemeten in een peilbuis op korte afstand van de pompput onder het ligniet- en kleikomplex terwijl juist boven deze laag gepompt werd. De verlaging in deze peilbuis was echter te gering, in dezelfde orde van grootte als de natuurlijke schommelingen tijdens de pompproef, om de hydraulische weerstand te bepalen. Deze hydraulische weerstand werd dan ook bepaald door vergelijking van de berekende stijghoogte met de waargenomen stijghoogte boven en onder de slecht doorlatende laag. Verschillende simulaties werden uitgevoerd met verschillende waarden voor de hydraulische weerstand. Hieruit bleek dat de simulatie met een hydraulische weerstand van 450 dagen de beste overeenkomst vertoonde met de waargenomen stijghoogten. Deze waarde werd dan ook ingevoerd bij de interpretatie van pompproef 3. Waar het ligniet- en kleikomplex door ontginning geheel of gedeeltelijk werd weggegraven werd een kleinere weerstand ingevoerd. De zones alsook de ingevoerde waarde werden aangegeven op plaat 11.

3.4.3.3. Infiltratie

De gemiddelde infiltratiesnelheid over gans het modelgebied werd geschat op 300 mm/jaar. Dit is ongeveer 38% van de gemiddelde jaarlijkse neerslag.

3.4.3.4. Pumpingen

In het modelgebied komen geen waterwinningen voor.

3.4.3.5. Vaste stijghoogten (plassen en kanalen)

De plassen 6 en 7, ontstaan door zandwinning alsook de bevaarbare kanalen en het irrigatiekanaal naar Postel werden in laag 2 als vaste stijghoogten ingevoerd. Op plaat 12 werden alle cellen met vaste stijghoogten alsook de waarde, ingevoerd in het model, aangeduid.

3.4.3.6. Irrigatiegrachten

3.4.3.6.1. Algemeen

De irrigatiegrachten werden voorgesteld als rivieren. De rivieren worden in het model ingevoerd met invoerprogramma 7. Het aantal rivieren is beperkt tot 10, het aantal cellen per rivier is beperkt tot 60. In een cel kan hoogstens één rivier vloeien. De rivier begint ergens in het studiegebied en verlaat dit aan de rand ervan.

3.4.3.6.2. Invoering van de irrigatiegracht

Er werden 8 grachten, nl. IR 2, IR 5, IR 6, IR 7, IR 8, IR 9, AF 1 en AF 2 in het model ingevoerd (zie plaat 11). Voor elke gracht moet de ligging van de cellen waardoorheen de gracht stroomt, de gemiddelde vloerhoogte en de kontaktfactor voor elke cel waardoorheen een gracht vloeit worden ingegeven. Sommige grachten nl. ir 5, ir 8 werden opgesplitst in twee om het aantal cellen per rivier te beperken tot 60.

Omdat de kontaktfactor afhankelijk is van de verhouding

van de oppervlakte van de gracht tot de oppervlakte van de cel, werd deze gekorrigeerd voor de verschillende groottes van de cellen in het modelgebied.

De vloerpeilen van de grachten werden ingegeven, overeenkomstig de veldwaarnemingen (zie plaat 2).

De plassen 1, 2, 4 en 5, die in dit irrigatiestelsel zijn opgenomen, werden ingevoerd op de volgende manier :

- in de cellen, die het oppervlak van de plas vormen, wordt de irrigatiegracht, die deze plas bevoeit, verder doorgetrokken tot het punt waar deze de plas verlaat.
- het vloerpeil in deze cellen komt overeen met het gemiddeld waterpeil in de plas.
- de kontaktfaktor in deze cellen werd zeer groot genomen, nl. 40.000; dit om het volledig oppervlak van de cel in kontakt te brengen met het grondwaterreservoir.

Op deze wijze kan het effect van elke verandering in de voeding en grondwaterstand- en stroming in de omgeving van de plassen, geëvalueerd worden.

De voorstelling van deze plassen als vaste stijghoogten was niet mogelijk omdat :

1. het waterpeil in deze plassen afhankelijk is van de natuurlijke voeding en de irrigatie.
2. een eventuele verandering in de grondwaterstand tengevolge van een pumping e.a. geen effect zou hebben op deze plassen.
3. de buffercapaciteit van deze plassen eerder gering is.

De irrigerende werking van de grachten werd op de volgende manier ingevoerd :

De begincel van elke gracht werd geïsoleerd uit het modelgebied door de 4 wanden in laag 2 en de onderkant van de cel in laag 2 d.w.z. de top van de slecht doorlatende laag, ondoorlatend te maken. In deze cel werd een hoeveelheid water geïnjecteerd die overeenkomt met de gemiddelde hoeveelheid geïrrigeerd water voor de gracht (afgeleid uit het "Plan der Wateringen" van de "Dienst der Scheepvaart").

De hoeveelheden geïnjecteerd water werden aangeduid op plaat 11.

De ingevoerde grachten, de plassen voorgesteld als een gracht, en de cellen waardoorheen deze lopen werden aangeduid op plaat 11.

3.4.3.7. Planning van de moderniseringswerken

3.4.3.7.1. Algemeen

De moderniseringswerken van het Kempens Kanaal nabij de Blaauwe Kei te Mol-Lommel zouden bestaan uit :

1. De aanleg van een nieuwe sluis 1 ter vervanging van 2 sluizen nl. de oude sluizen I en II.
2. De vernieuwing en uitbouw van de oude sluis III tot een nieuwe sluis 2 met dezelfde omvang als de nieuwe sluis 1.
3. Het verdiepen en verbreden van de nieuwe kanaalweg tussen deze nieuwe sluizen 1 en 2.

De aanbesteding van de werken zou einde 1986 klaar zijn zodat de werken in de loop van 1987 kunnen aanvangen. De werken worden als volgt gepland :

- 1e faze : aanleg van de bouwput en begin van de bouw van de nieuwe sluis 1
- 2e faze : bouw van de nieuwe sluis 1, vernieuwing van de oude sluis III nabij "de Maat"
- 3e faze : afwerking van de 2 nieuwe sluizen 1 en 2 en uitgraving van het nieuwe kanaaltracé.

De totale duur van deze moderniseringswerken wordt op ca. 5 à 7 jaren geschat.

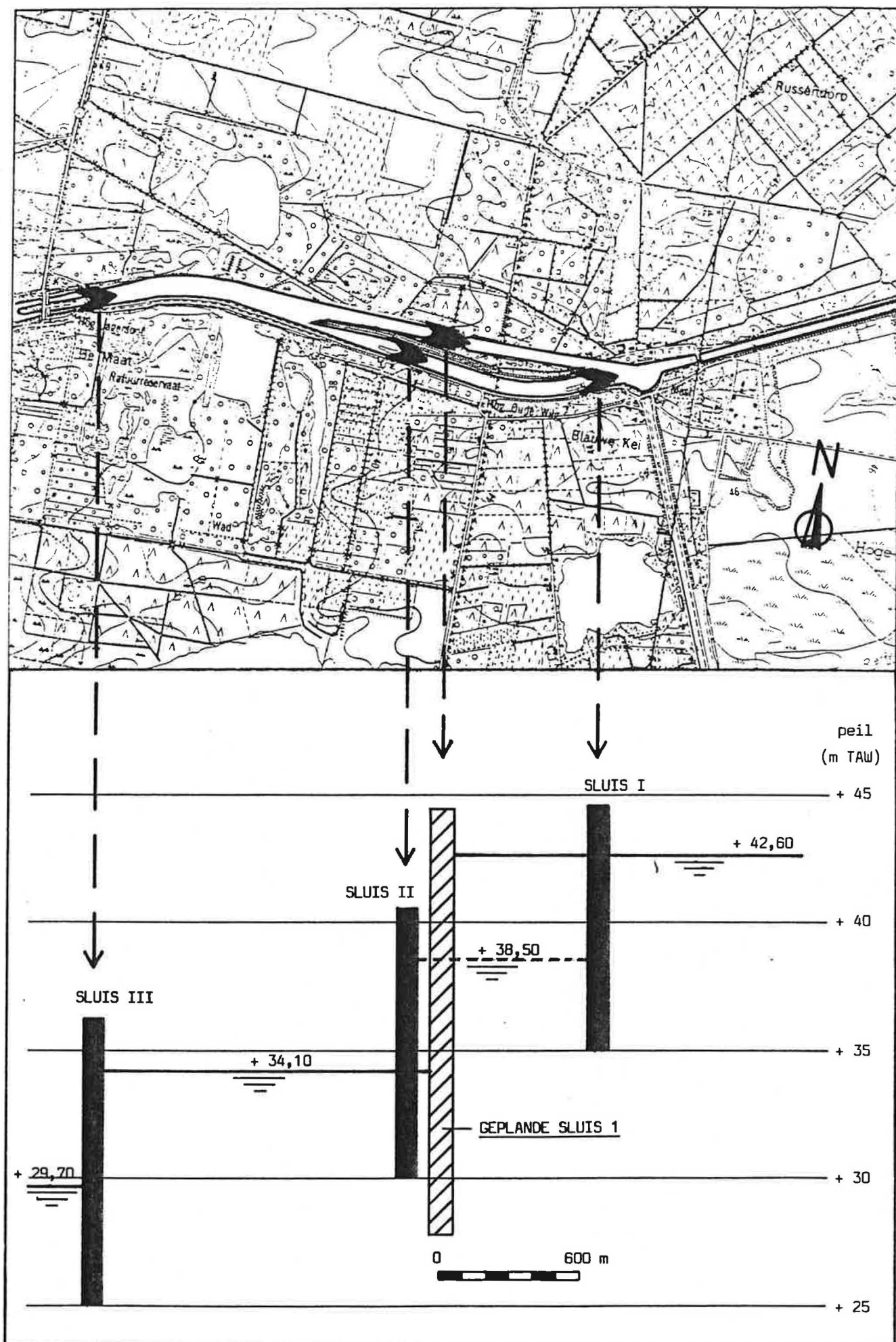


Fig. 36- Ligging van de sluizen I, II en III en de geplande nieuwe sluis 1 op het Kempens Kanaal en de daarbijhorende vlotpeilen.

Deze studie behandelt de bouw van de nieuwe sluis 1 en het gewijzigde kanaaltracé.

3.4.3.7.2. Bouw van de nieuwe sluis 1

De ligging van de nieuwe sluis 1 en het gewijzigde kanaaltracé werden aangegeven in fig. 36. De bouwput wordt uitgegraven tot het peil +27,25 (benedenhoofd van de sluis + 26,75). Dit gebeurt in twee fasen :

- bemaling en uitgraving tot het peil +30,50; vanaf deze werkvloer worden damplanken geheid tot het peil +21,50.
- bemaling en verdere uitgraving tot het peil +27,75 (benedenhoofd van de sluis +26,75) tussen deze damplanken.

De bouwput zal ca. 45 m breed (fig. 37) en 160 m lang zijn. De duur van de volledige konstruktie van de sluis wordt op ca. 4 jaar geschat; de duur van de bemaling op ca. 2 jaar. De keuze van de bemaling en uitgraving worden volledig overgelaten aan de aannemer.

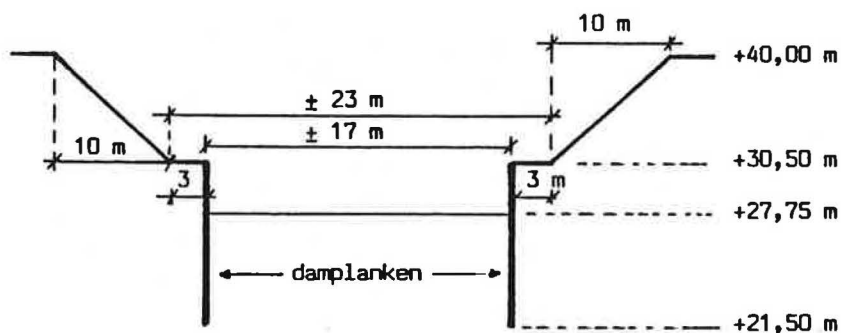


Fig. 37 - Dwarsdoorsnede van de bouwput voor de aanleg van de nieuwe sluis 1.

3.4.3.7.3. Vernieuwing van de oude sluis III

Omtrent de vernieuwing van de oude sluis III nabij "de Maat" zijn nog geen konkrete plannen bekend. Door het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen werd in een vergadering op 06/08/86 medegedeeld dat de oude sluis III zou vervangen worden door een nieuwe sluis, met dezelfde afmetingen als de nieuwe geplande sluis 1 nabij de Blauwe Kei .

3.4.3.7.4. Wijziging van het kanaaltracé

Het oude kanaal is ca. 2,5 tot 3 m diep (t.o.v. het vlotpeil). Het nieuwe kanaal wordt uitgegraven tot 4 m onder het vlotpeil. De wanden van het kanaal worden verstevigd met damplanken; tot 300 m voor en achter de sluis worden damplanken van 7,5 m lengte geheid; verder van de sluis worden damplanken van 4,5 m lengte geheid. Een gedeelte van het uitgebaggerde zand zal gebruikt worden voor de aanleg van de dijken en taluds, voornamelijk stroomopwaarts van de nieuwe sluis 1. Het overtollige uitgebaggerde zand zal in de zandwinninsput van Mol-Rouw gestort worden.

3.4.3.8. Uitgevoerde simulaties

Een eerste simulatie bestond uit het simuleren van de toestand voor de aanvang van de moderniseringswerken. In het bestek van de bouw van de nieuwe sluis 1 werden drie mogelijke scenario's onderkend :

- een bouwput, waarbij enkel in laag 2 wordt gepompt (simulatie 2)
- een bouwput, waarbij in laag 1 en laag 2 wordt gepompt (simulatie 3)
- een bouwput, waarbij in laag 2 wordt gepompt

en het opgepompte water gebruikt wordt voor een retourirrigatie, dit om de grootte van de afpompingskegel te beperken (simulatie 4).

Een vijfde simulatie bestond dan uit het simuleren van de toestand na de moderniseringswerken.

Samen bracht dit het aantal op vijf simulaties. De invoer van de gegevens voor simulaties 2, 3, 4 en 5 worden verder bij de bespreking van elke simulatie afzonderlijk behandeld.

3.4.4. Voorstelling van de berekende gegevens

- De berekende gegevens werden in 16 platen voorgesteld. Per simulatie worden de volgende gegevens voorgesteld :
- de berekende stijghoogten in laag 2 en laag 1; dit wordt voorgesteld door lijnen van gelijke stijghoogte met een interval van 0,5 m.
 - de grondwaterstromingsrichting en -snelheid : de horizontale Darciaanse snelheid in iedere laag wordt in ieder hoekpunt van het eindig-verschilnetwerk berekend en door middel van een vektor aangeduid. De lengte van de vektoren is recht evenredig met de snelheid.
 - de vertikale Darciaanse stroomsnelheid tussen de lagen wordt weergegeven door vertikale pijlen in de vorm van gelijkbenige driehoeken. De top van de gelijkbenige driehoek is naar het centrum van een eindigverschil cel gericht als water instroomt in de beschouwde laag. De top is dan voorzien van een horizontale streep die dezelfde lengte heeft als de basis van de driehoek. Wanneer water uit de bovenliggende laag instroomt is de top neerwaarts gericht; wanneer water vanuit de onderliggende laag instroomt opwaarts.
- Wanneer water uit de beschouwde laag stroomt, loopt de basis van de gelijkbenige driehoek door het centrum van de cel. De top ervan is opwaarts gericht als het water

uitstroomt naar de bovenliggende laag, neerwaarts als het water uitstroomt naar de onderliggende laag. Alle gelijkbenige driehoeken zijn gelijkvormig. De hoogte van de gelijkbenige driehoeken is recht evenredig met de verticale Darciaanse stroomsnelheid.

Voor simulatie 1 en 5 werd het berekend stijghoogteverschil tussen laag 2 en laag 1 voorgesteld. Voor simulatie 2, 3, 4 en 5 werd het berekend stijghoogteverschil in laag 2 tengevolge van de gesimuleerde toestand (t.o.v. de oorspronkelijke toestand) eveneens voorgesteld.

In elke cel werden per laag volgende gegevens nog berekend : de stijghoogte, de balans, de horizontale Darciaanse snelheden in oostelijke richting, de horizontale Darciaanse snelheden in zuidelijke richting, de verticale Darciaanse snelheden tussen de lagen, de drainage-debieten van inwendige punten met vaste stijghoogte en de drainage-debieten van de rivieren.

Deze gegevens zijn steeds te raadplegen bij het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie.

3.4.5. Simulatie 1 : toestand voor de moderniseringswerken

3.4.5.1. Invoer van de gegevens

De invoer van de gegevens om de toestand voor de moderniseringswerken, dit is de huidige toestand, te simuleren werd reeds behandeld in paragrafen 4.3.2. tot en met 4.3.6.

3.4.5.2. Berekende gegevens

De berekende gegevens worden voorgesteld op plaat 13 tot 15 :

plaat 13 : berekende stijghoogten en horizontale stromingen
in de freatische watervoerende laag

plaat 14 : berekende stijghoogten en horizontale stromingen

in de halfafgesloten watervoerende laag en vertikale stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende laag

plaat 15 : berekend stijghoogteverschil tussen de freatische en de halfafgesloten watervoerende laag.

De horizontale stroming in laag 2 is sterk beïnvloed door de vaste stijghoogten van de kanalen en de plassen 6 en 7. Ze is het grootst in de nabijheid van de sluizen op het Kempisch Kanaal en aan de noordoostelijke zijde van de plas van Mol-Rouw.

Aan de oostzijde van plas 5 neemt de horizontale stroming in laag 2 naar deze plas toe.

De noordoostelijke zijde van de plassen 1, 2 en 3 en de zuidelijke zijde van plas 4 worden eveneens gekenmerkt door een sterke horizontale stroming in laag 2 naar deze plassen toe vanuit het Kempens Kanaal en de irrigatiegrachten.

De horizontale stroming in laag 1 is weinig of niet beïnvloed door de vaste stijghoogten van de kanalen in laag 2.

Ter hoogte van de plassen 1, 2, 3, 4 en 5 neemt de horizontale stroming in laag 1 sterk af. Op deze plaatsen komen sterke op- en neerwaartse stromingen tussen beide lagen voor.

Aan de noordoostelijke zijde van de plas van Mol-Rouw stroomt al het water zowel in laag 2 als in laag 1 naar deze plas toe. Het gebied van "De Maat" is gekenmerkt door kleine horizontale stromingen zowel in laag 2 als in laag 1.

De verticale stromingen (plaat 14) zijn belangrijk in de nabijheid van de plassen 1, 2, 3, 4, 5, ontstaan door lignietontginning. Dit komt gedeeltelijk door de kleine waarden voor de weerstand in deze zones. Dit resulteert in een voornamelijk opwaarts gerichte stroming van laag 1 naar laag 2 (KWEL) aan de noordoostelijke kant van deze plassen en een neerwaartse stroming aan de westelijke zijde van deze plassen.

Het stijghoogteverschil tussen laag 2 en laag 1 wordt voornamelijk geïnduceerd door de vaste stijghoogten in laag 2 en door de irrigatie.

Dit stijghoogteverschil is het grootst in de nabijheid van deze vaste potentialen.

Aan de stroomopwaartse zijde van de sluizen is het positief, aan de stroomafwaartse zijde negatief. Positieve stijghoogteverschillen induceren een neerwaartse stroming van laag 2 naar laag 1, negatieve stijghoogteverschillen induceren een opwaartse stroming van laag 1 naar laag 2.

Een sterke irrigatie geeft aanleiding tot een positief stijghoogteverschil.

De grootte van de verticale stromingen wordt in sterke mate bepaald door de waarde van de weerstand tussen deze lagen.

3.4.6. Simulatie 2 : Bouwput, pumping in laag 2

3.4.6.1. Invoering van de gegevens

De verlaging van de watertafel in de freatische watervoerende laag ter hoogte van de bouwput werd verkregen door in 2×7 cellen, dit is de grootte van de bouwput, de grondwaterstand in laag 2 als een vaste stijghoogte in te voeren op het gewenste peil. De oppervlakte waarin deze verlaging wordt ingesteld is aldus $2 \times 7 \times (25 \text{ m})^2$ of 8750 m^2 . De ingevoerde waarde van deze verlaging gaat geleidelijk van + 26,75 aan het benedenhoofd van de toekomstige sluis naar + 27,75 aan het bovenhoofd. De coördinaten van de cellen zijn :

24,27; 24,28; 24,29; 24,30; 24,31; 24,32; 24,33;
25,27; 25,28; 25,29; 25,30; 25,31; 25,32; 25,33.

De meest zuidelijke gelegen irrigatiegracht IR7 ten noorden van het Kempens Kanaal werd geëlimineerd, omdat deze gracht zich op de plaats van de nieuwe sluis 1 en het nieuwe kanaaltracé bevindt.

3.4.6.2. Berekende gegevens

De volgende platen worden getekend :

- plaat 16 : berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de freatische watervoerende laag
- plaat 17 : berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de halfafgesloten watervoerende laag en vertikale stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende laag
- plaat 18 : berekende verlaging tengevolge van de pumping in laag 2.

In de freatische watervoerende laag (laag 2) induceert de pumping een zeer sterke stroming naar de bouwput toe, dit vooral vanuit het Kempens Kanaal. De invloed van de pumping is verwaarloosbaar ten zuiden van het Kempens Kanaal en ten oosten van het irrigatiekanaal naar Postel.

De stijghoogteverdeling en de stroming in de halfafgesloten watervoerende laag wordt weinig of niet beïnvloed door de pumping in laag 2. Uit de berekende Darcy-snelheden blijkt dat de stroming in deze laag ten noorden en oosten van de bouwput een weinig toeneemt terwijl deze ten zuiden en westen vermindert.

Het debiet, dat dient gepompt om de vooropgestelde verlaging te verwezenlijken werd berekend op $17.543 \text{ m}^3/\text{dag}$. De invloed op de omgeving uit zich vooral in :

- een opwaartse stroming in de omgeving van de bouwput vanuit laag 1 naar laag 2 gepaard gaand met een vermindering van de opwaartse stroming in de plassen 1, 2 en 5.
- het droogvallen van irrigatiegracht 5 in de omgeving van de bouwput.
- Op een afstand van 300 à 400 m van de bouwput wordt een verlaging van ca 1 m berekend. Op een afstand van ca. 700 m bedraagt de verlaging nog ongeveer 0,1 m.

3.4.7. Simulatie 3, pumping in laag 2 en laag 1

3.4.7.1. Invoering van de gegevens

In de cellen van de bouwput werd uit laag 1 $10.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ gepompt, dit is ongeveer 714 m^3 per dag per cel. In laag 2 werd de verlaging op dezelfde wijze ingevoerd als bij simulatie 2.

3.4.7.2. Berekende gegevens

De berekende gegevens worden voorgesteld op platen 19 tot en met 21.

plaat 19 : berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de freatische watervoerende laag.

plaat 20 : berekende stijghoogte en horizontale stromingen in de halfafgesloten watervoerende laag en verticale stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende laag.

plaat 21 : berekende verlaging in de freatische watervoerende laag tengevolge van pumping in laag 1 en laag 2.

De stijghoogteverdeling en het stromingspatroon in de freatische watervoerende laag is quasi identiek aan deze in simulatie 2.

In de halfafgesloten watervoerende laag ontstaat een sterke stroming naar de bouwput tengevolge van de pumping in deze laag.

Het debiet dat gepompt moet worden om in laag 2 de vooropgestelde verlaging te verkrijgen, werd berekend op $17.323 \text{ m}^3/\text{dag}$. De invloed op de omgeving uit zich vooral in :

- een opwaartse stroming in de omgeving van de bouwput vanuit laag 1 naar laag 2, echter kleiner dan deze in simulatie

- 2, gepaard gaand met een nog meer uitgesproken vermindering van de opwaartse stroming in de plassen 1, 2 en 5.
- het droogvallen van irrigatiegracht 5 in de omgeving van de bouwput.

3.4.8. Simulatie 4, pumping in laag 2 met retourirrigatie

3.4.8.1. Invoer van de gegevens

De pumping werd enkel in laag 2 ingevoerd op dezelfde wijze als in simulatie 2.

Het opgepompte water (ca. $18.000 \text{ m}^3/\text{dag}$) werd in irrigatiegracht 5 geïnjecteerd. Dit brengt de totale geïnjecteerde hoeveelheid water in de begincel van irrigatiegracht 5 op $3000 + 18.000 = 21.000 \text{ m}^3/\text{dag}$.

3.4.8.2. Berekende gegevens

De berekende gegevens worden voorgesteld op de platen 22 tot 24 :

- plaat 22 : berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de freatische watervoerende laag
- plaat 23 : berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de halfafgesloten watervoerende laag en verticale stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende laag
- plaat 24 : berekende verlaging in de freatische watervoerende laag tengevolge van de pumping in laag 2 met retourirrigatie.

De stijghoogteverdeling en het stromingspatroon in de freatische watervoerende laag vertoont een stijging van de grondwaterstand ter hoogte van plas 4 en plas 5, gepaard gaand met verhoogde stroming naar het Kempens Kanaal toe.

Deze stijging is te wijten aan de verhoogde irrigatie in irrigatiegracht 5, die het water verder afstaat aan de afwateringsgracht 2. Ter hoogte van de plassen 4 en 5 ontstaat hierdoor een sterke verticale stroming van laag 2 naar laag 1. De opwaartse verticale stromingen van laag 1 naar laag 2 in de plassen 1, 2 en 5 nemen eveneens toe.

De stijghoogteverdeling en het stromingspatroon in de half-afgesloten watervoerende laag is quasi identiek aan deze in simulatie 2.

Het debiet dat moet gepompt worden uit laag 2 om de vooropgestelde verlaging te verwezenlijken werd berekend op $18.026 \text{ m}^3/\text{dag}$.

3.4.9. Simulatie 5; toestand na de moderniseringswerken

3.4.9.1. Invoer van de gegevens

Het nieuwe kanaaltracé dat de nieuwe sluis 1 verbindt met het bestaande kanaal werd in het model voorgesteld als vaste stijghoogten. De cellen waar deze vaste stijghoogten ingevoerd werden, zijn aangeduid op plaat 12 : stroomafwaarts van de nieuwe sluis op het vlotpeil + 34,05, stroomopwaarts op het vlotpeil + 42,52.

De loop van irrigatiegracht 5 en afwateringsgracht 2 werd ook licht gewijzigd.

De damplanken, die langsheen het kanaal geheid zullen worden, werden ingevoerd in het model.

De doorlatendheid van de freatische watervoerende laag zal op de plaats waar deze damplanken geheid worden verminderen met een faktor, die bepaald wordt door de verhouding van de lengte van deze damplanken tot de volledige dikte van de freatische watervoerende laag op deze plaats.

De doorlatendheid werd in de cellen langs het kanaal dan

ook met de overeenkomstige faktor in deze cellen verminderd. Deze aanpassingen van de doorlatendheid werden langsheen het Kempens Kanaal vanaf de sluis III tot aan de oostelijke grens van het studiegebied ingevoerd.

De ingevoerde gegevens, waarmee deze simulatie tot stand kwam werden aangeduid op plaat 12.

3.4.9.2. Berekende gegevens

De berekende gegevens werden voorgesteld op plaat 25 tot 28 :

- plaat 25 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de freatische watervoerende laag.
- plaat 26 : Berekende stijghoogten en horizontale stromingen in de halfafgesloten watervoerende laag en verticale stromingen vanuit of naar de freatische watervoerende laag.
- plaat 27 : Berekend stijghoogteverschil tussen de freatische en de halfafgesloten watervoerende laag.
- plaat 28 : Berekende verlaging in de freatische watervoerende laag tengevolge van de nieuwe sluis 1 en het nieuwe kanaaltracé.

De stijghoogteverdeling en de stroming in de freatische watervoerende laag ondergaat tengevolge van het nieuwe kanaaltracé en de daarbijhorende vlotpeilen, enkele belangrijke wijzigingen. Stroomopwaarts van de nieuwe sluis ontstaat er een algemene verhoging van het grondwaterpeil, stroomafwaarts een verlaging.

Er ontstaan sterke stromingen radiaal rond de nieuwe sluis van het stroomopwaartse kanaalpand naar het stroomafwaarts gelegen kanaalpand. Tengevolge van de damwanden is de invloed van het Kempens Kanaal, vooral ten westen van de Breuk van Rouw, verminderd.

De stijghoogteverdeling en het stromingspatroon in de halfaf-

gesloten watervoerende laag wijzigt weinig of niet door de nieuwe toestand.

De opwaartse en neerwaartse stromingen tussen laag 2 en laag 1 ter plaatse van de nieuwe sluis en het nieuwe kanaaltracé nemen toe, dit tengevolge van het grotere stijghoogteverschil tussen laag 2 en laag 1 op deze plaatsen.

De opwaartse stromingen in de plassen 1, 2 en 5 blijven behouden in dezelfde orde van grootte als voor de moderniseringswerken.

4. BESLUITEN

De hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel had tot doel een quasi-driedimensioneel model te maken waarmee grondwaterpeilveranderingen in natuurlijke en/of door de mens teweeggebrachte omstandigheden konden worden nabootst.

De hydrografie in het studiegebied werd bepaald door veldwaarnemingen; bodempeilen en waterpeilen, stroomrichtingen van alle voorkomende beken, grachten, kanalen en bodem- en waterpeilen van plassen werden opgemeten. Met uitzondering van de Rietreienloop in het uiterste zuidoosten van het studiegebied komen enkel kunstmatige waterlopen voor die een belangrijke irrigatiefunctie vervullen.

De top van de Klei van Boom bevindt zich tussen de peilen -238 en -340. Deze litologische grens wordt als ondoorlatend substraat beschouwd. Erboven is het grondwaterreservoir ingedeeld in twee watervoerende lagen die gescheiden zijn door een ligniet- en kleikomplex, voorkomend in de Zanden van Mol. De halfafgesloten watervoerende laag of de onderste laag (laag 1) bestaat uit de litologische eenheden Zanden van Voort, Zanden van Antwerpen, Zanden van Dessel, Zanden van Diest, Zanden van Kasterlee en de Zanden van Mol MI onder het ligniet- en kleikomplex en varieert in dikte van 270 tot 350 m. De freatische watervoerende laag of de bovenste laag (laag 2) is opgebouwd uit de Zanden van Mol MII boven het ligniet- en kleikomplex en de kwartaire dekzanden en is 0 tot 40 m dik in het studiegebied.

Op bepaalde plaatsen is het ligniet- en kleikomplex tengevolge van zand en/of lignietontginningen geheel of gedeeltelijk weggegraven zodat het halfafgesloten karakter van de

onderste watervoerende laag hier niet meer bestaande is.

Dwars door het studiegebied loopt de zogenaamde Breuk van Rouw; een onvoldoende aantal gegevens liet niet toe deze breuk exakt te typeren.

Aan de hand van zes gespoelde boringen met geofysische boorgatmetingen tot ca. 30 m diepte tot in de Zanden van Mol MI werd de litologische bouw ter plaatse van het nieuw kanaal-tracé onderkend. De hydrografie en de hydrolitologische bouw zijn in acht platen (platen 1 tot en met 8) weergegeven.

De stijghoogten in de freatische laag is van twee verschillende data voorgesteld in platen 9 en 10. Hiervoor werden tijdens vijf peilronden in de periode april - juli 1986 de waterpeilen opgemeten in 29 beschikbare peilbuizen in laag 2 en in de meeste oppervlaktewaters. Het stijghoogtepatroon vertoont een algemeen dalende trend van oost naar west en wordt sterk beïnvloed door de aanwezige oppervlaktewaters.

Als belangrijke inbrenggegevens in het mathematisch model werden hydraulische parameters bepaald uit laboanalyses, stijghoogtewaarnemingen en pompproeven. Hierbij is zowel rekening gehouden met de resultaten van vroeger uitgevoerde pompproeven (J.P. CNUUDE, 1978), als uit deze van de pomp-proef in het kader van deze studie. De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel S_0 werd bepaald uit de granulometrie en P_f kurven van monsters ontnomen nabij de watertafel, deze bedraagt 25,4% en 32,8%.

De gemiddelde hydraulische doorlatendheid van laag 1 en laag 2 bedraagt 8 m/dag en 30 m/dag. De gemiddelde weerstand van de slecht doorlatende laag, met name het ligniet- en klei-komplex bedraagt 450 dagen.

Uit de resistiviteitsmetingen in het boorgat bleek dat twee verschillende waters onder en boven het ligniet en klei-komplex voorkomen. Er werden fysico-chemische wateranalyses uitgevoerd op twee monsters uit de Zanden van Mol MII (boven het ligniet- en kleikomplex) en twee uit de Zanden van Mol MI (onder het ligniet- en kleikomplex). Het water onder het ligniet- en kleikomplex is een zeer zoet water van het calcium sulfaat-bicarbonaat type. Het water boven dit complex is een matig zoet water van het calcium bicarbonaat-chloride tot het gemengde calcium bicarbonaat-chloride sulfaattype.

Met een mathematisch model werd de permanente grondwaterstroming in de freatische en halfafgesloten watervoerende laag gesimuleerd. Alle ingevoerde parameters zijn gemiddelde waarden. Eerst werd de huidige toestand of de toestand voor de moderniseringswerken gesimuleerd. Nadien werden drie mogelijke scenario's gesimuleerd voorkomend tijdens het bouwen van de nieuwe sluis, namelijk een simulatie waarbij de vooropgestelde verlaging verkregen wordt door een pumping enkel in de freatische watervoerende laag, een simulatie waarbij een pumping in de freatische en de halfafgesloten watervoerende laag wordt uitgevoerd en een simulatie waarbij enkel gepompt wordt in de freatische watervoerende laag gekoppeld met een retourirrigatie in een irrigatiegracht.

Nadien werd de toestand na de uitvoering van de moderniseringswerken, d.w.z. met het nieuwe kanaaltracé en de nieuwe sluis 1 gesimuleerd.

De resultaten zijn in een aantal platen (plaat 11 t.e.m. plaat 28) weergegeven :

- de stijghoogten en de horizontale stromingen in de freatische watervoerende laag
- de stijghoogten en de horizontale stromingen in de halfafgesloten watervoerende laag

- de verticale stromingen van de freatische naar de halfafgesloten watervoerende laag en omgekeerd
- het stijghoogteverschil tussen de freatische watervoerende laag en de halfafgesloten watervoerende laag
- de verlaging in de freatische watervoerende laag tengevolge van de veranderde toestand.

Deze platen laten toe een evaluatie te maken van de teweeggebrachte wijzigingen aan de huidige toestand.

Uit de simulaties blijkt dat de pompingen steeds een belangrijke invloed zullen hebben in de onmiddellijke omgeving van de bouwput.

De invloed bij de pomping in de freatische en halfafgesloten watervoerende laag strekt zich verder uit dan bij de pomping in de freatische laag alleen. De invloed op de omgeving kan ingedijkt worden door een gedeeltelijke of gehele retourirrigatie. In dit opzicht zou het nuttig zijn om nog enkele waarnemingspunten op diverse afstanden van de bouwput te voorzien, dit om de daling van de watertafel en de grondwaterstroming te volgen tijdens de werken. Een eventuele te ver reikende afpompingskegel kan dan steeds ingedijkt worden met een retourirrigatie.

De debieten, die gepompt moeten worden om de vooropgestelde verlaging te verkrijgen worden met het model berekend op 17.543 m³/dag bij een pomping enkel in laag 2, 17.323 m³/dag in laag 2 en 10.000 m³/dag in laag 1 bij een pomping in laag 1 en 2 en 18.026 m³/dag bij een pomping in laag 2 gekombineerd met een retourirrigatie.

Het nieuwe kanaaltracé veroorzaakt een stijging van de stijghoogten in laag 2 stroomopwaarts van de nieuwe sluis en een daling aan de stroomafwaartse zijde van deze sluis.

De gesimuleerde stijghoogteveranderingen in laag 1 en laag 2 zowel tijdens als na de moderniseringswerken laten een schatting toe van de impact van deze moderniseringswerken op de omgeving.

REFERENTIES

Belgische Geologische Dienst. Archieven van de Belgische Dienst, Brussel.

CHO-TNO (1982). Verklarende hydrologische woordenlijst, 33 p.
2 bijl. Den Haag : Commissie voor Hydrologisch Onderzoek
TNO (Rapporten en nota's nr 8 a)

De Breuck, W., Cnudde, J.P., 1978. Hydrogeologische studie van het plassengebied van Mol. 36 p., tekst + bijlagen, Rijksuniversiteit Gent, Leerstoel voor Toegepaste Geologie, TG078.1.

De Breuck, W., Lebbe, L., Van Camp, M., Raman, B., 1985. Hydrogeologisch mathematisch model van het Nederlands-Belgisch grensgebied in de omgeving van de Kalmthoutse Heide. 89 p., Rijksuniversiteit Gent, Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie, TGO 81/08.

Dassargues, A., Halleux, L., Monjoie, A., Schittekat, J., 1986. Gravimetrical survey in the Area of Mol-Turnhout (Belgium) 11 p. 48e EAEG MEETING, 3-6 juni 1986.

Goetinck, R., Thomas, H., Maertens, J., Van Marcke, S., 1983. Controlled Dewatering techniques for the construction of the Berendrecht sealock at Antwerp. K.V.I.V. kongres, 1, 163-178.

Gulinck, M. (1973) Ontworpen duwvaart Oelegem-Stabroek. Bepaling van de invloed op de grondwaterstanden in het omliggende gebied, 11 p., Belgische Geologische Dienst, Brussel.

Kruseman, J.P. & De Ridder N.A. (1976). Analysis and evaluation

of pumping test data. 200 p. Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement (Bulletin no 11).

Lebbe, L. (1983) Een mathematisch model van de niet-permanente grondwaterstroming naar een pompput in een veellagig grondwaterreservoir en enkele beschouwingen over de stroomtijd. Tijdschrift BECEWA, 70, 33-48.

Lebbe, L., Pede, K., Van Houtte, E. (1984). Analyse van pompproeven in een veellagig grondwaterreservoir met behulp van een mathematisch model. Tijdschrift BECEWA, 78, 14 P.

Lebbe, L. (1985). Bepaling van de verticale doorlatendheid uit pompproefgegevens door middel van een eindig-verschil methode gekombineerd met een gevoeligheids- en een niet-lineaire regressie analyse. Nationaal Colloquium. Belgisch Comité voor Ingenieursgeologie, Luik 1985, 3.56-3.78.

De Meuter, F.J. & Laga, P.G. (1976). Lithostratigraphy and biostratigraphy based on bethonic foraminifera of the Neogene deposits of Northern Belgium. Bull. Belg. Ver. Geologie 85, 133-152.

Patijn, J. 1982. Etude geologique et hydrogeologique des Sables de Berg. Application du modèle NEWSAM, 77 p. Studiecentrum voor Kernenergie.

Van Der Stappen, M. (1980) Studie van de te verwachten grondwaterspiegelveranderingen ten gevolge van de modernisering van het kanaal Bocht-Herentals te Mol. 18 p., Belgisch Geologische Dienst, Brussel.

Stuurgroep voor grondwaterbeleid in de provincie Antwerpen (1978)

Eindverslagen kommissies, 8 delen. Brussel (onder voorzitterschap van het Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin en het Staatssekretariaat voor streekeconomie).

Grondwaterreserves in noordelijk Limburg (Lommel), 9 p. Nationale Maatschappij der waterleidingen, waterwinning en bescherming.

BIJLAGE 1 : LEGENDE VAN DE LITOLOGIE

	fijn tot zeer fijn zand
	middelmatig zand
	grof tot zeer grof zand
	leem
	leem met weinig (zeer) fijn zand
	leem met veel (zeer) fijn zand tot leemhoudend (zeer) fijn zand
	leemhoudend (zeer) fijn zand
	weinig leemhoudend (zeer) fijn zand
	klei
	klei met weinig (zeer) fijn zand
	zandhoudende klei
	zandhoudende klei tot kleihoudend (zeer) fijn zand
	kleihoudend (zeer) fijn zand
	weinig kleihoudend (zeer) fijn zand
	leemhoudende klei
	veen ligniet
	veen met weinig bijmenging (klei, leem of zand)
	sterk veenhoudend tot veen met veel bijmenging (klei, leem of zand)
	veenhoudend, humushoudend
	weinig veenhoudend, weinig humushoudend

(1)	(2)	
		sterk grinthoudend tot grint
		grinthoudend
		weinig grinthoudend
		zeer weinig grinthoudend

schelpen (1), keien (2)

	baksteenfragmenten of ander puin		zandlensjes
	(glaukoniet) zandsteenfragmenten		glaukoniethoudend
	(glaukoniet) zandsteenbank		gelaagd
	verharde laag		geen monster

(1)	(2)	(3)	
			veel tot zeer veel leem-(1), klei-(2), veenbrokken (3)
			met meerdere leem-(1), klei-(2), veenbrokken (3)
			weinig leem-(1), klei-(2), veenbrokken (3)

BIJLAGE 2 : LIGGINGSPLANS VAN DE PEILPUTTEN

rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTG

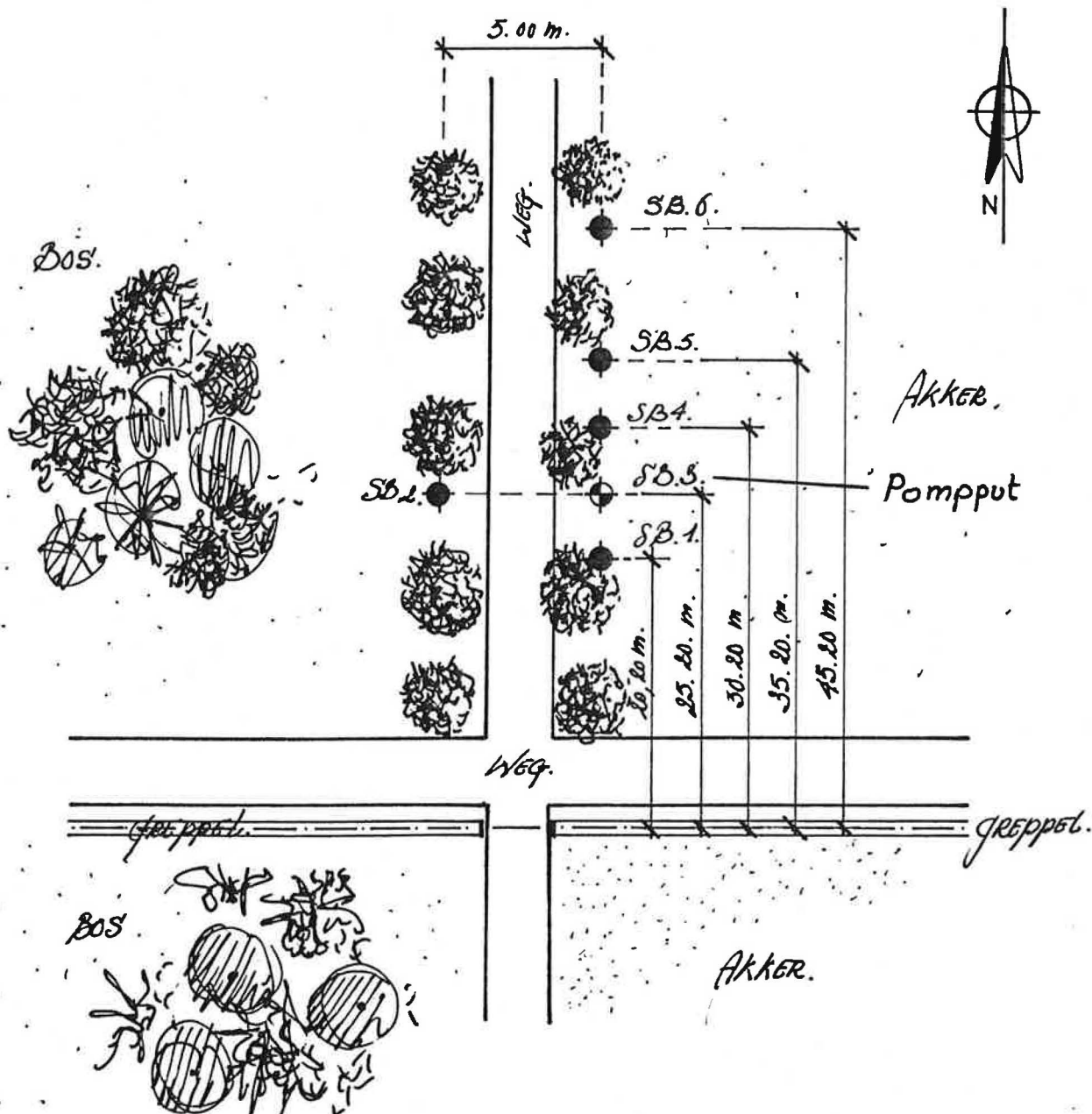
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: SB1-6

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2.



rijksuniversiteit gent
leerstool voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTG

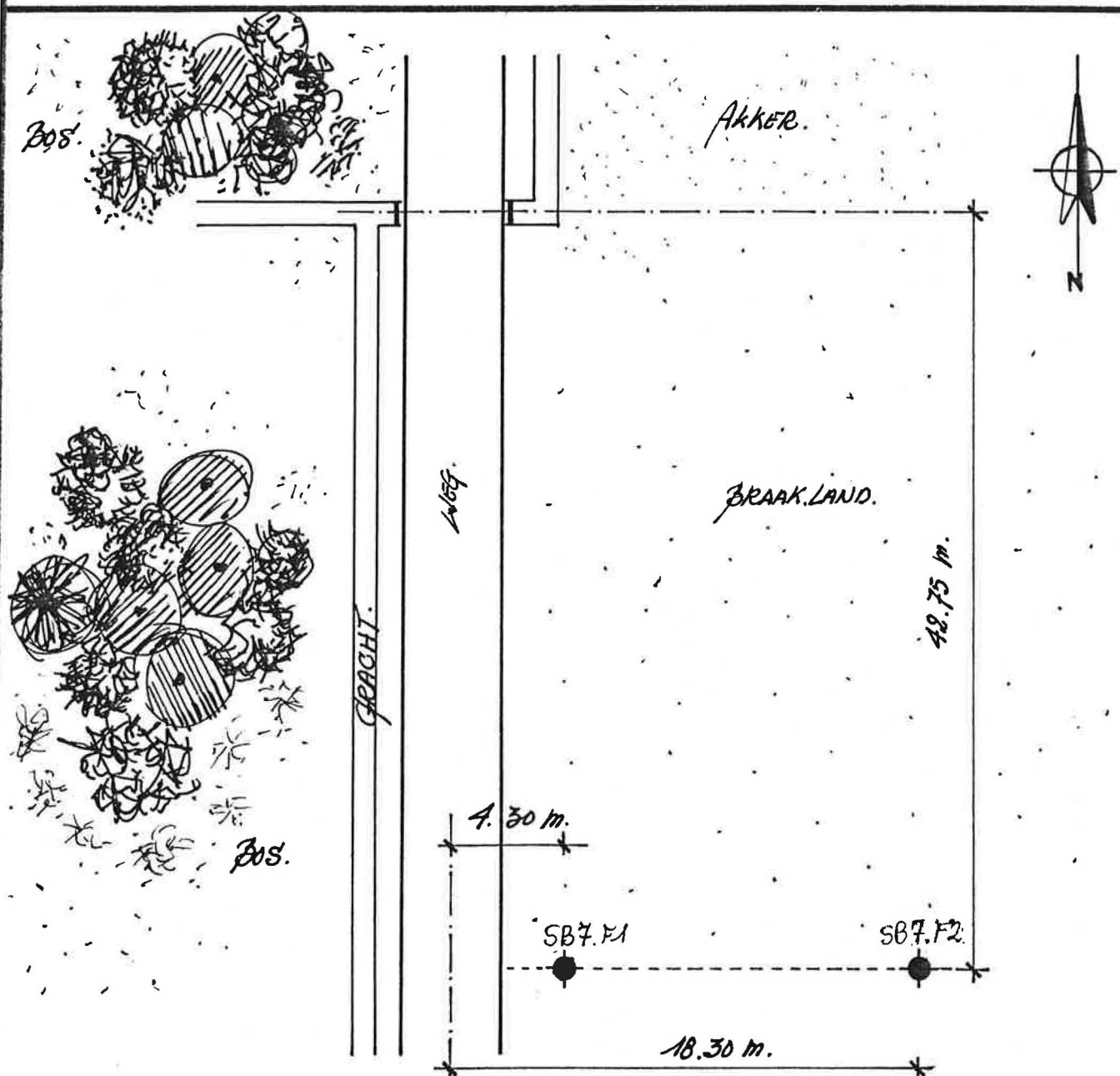
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: SB7

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2.



rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

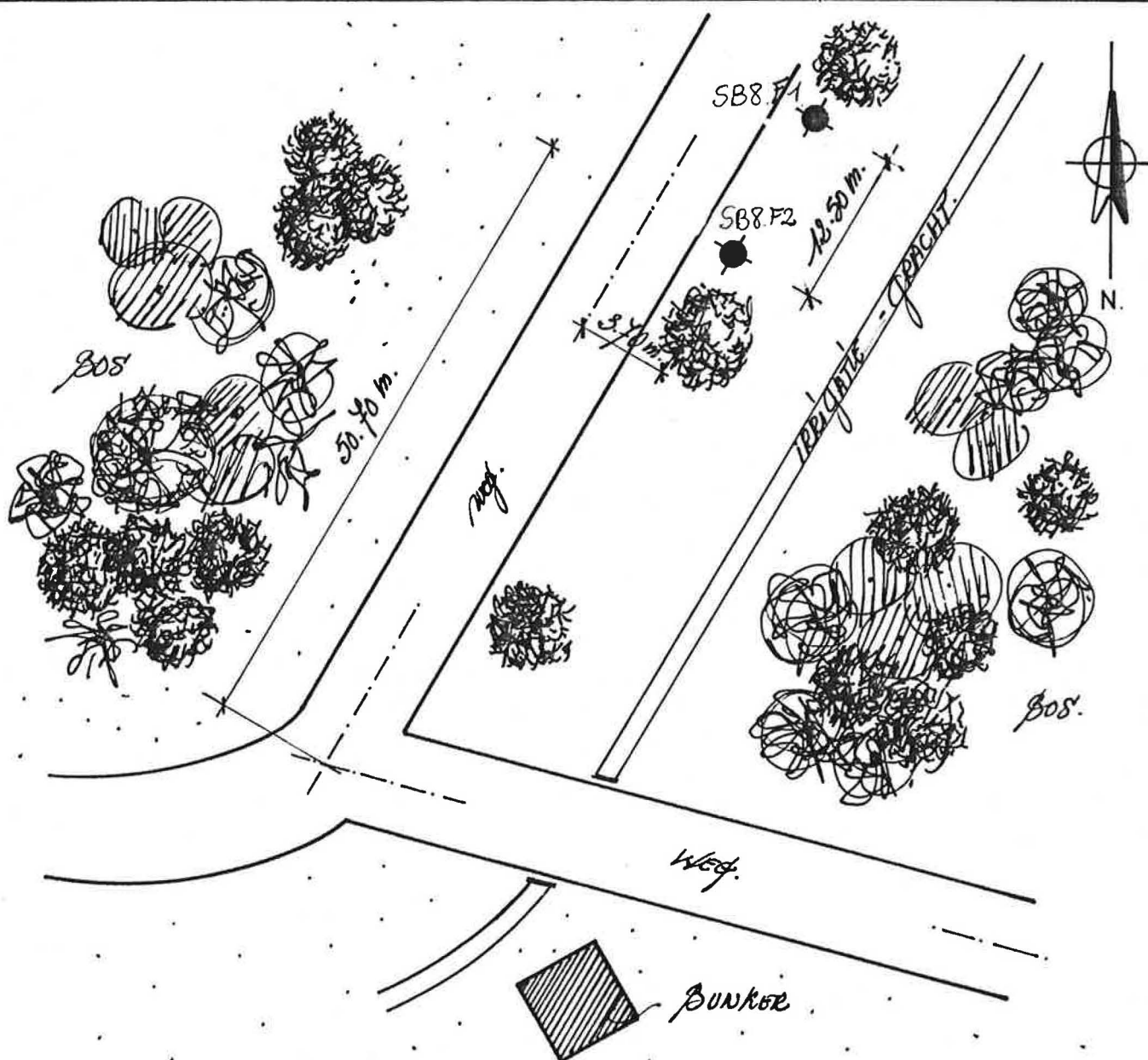
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: SB8

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2



rijksuniversiteit gent
leerstool voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

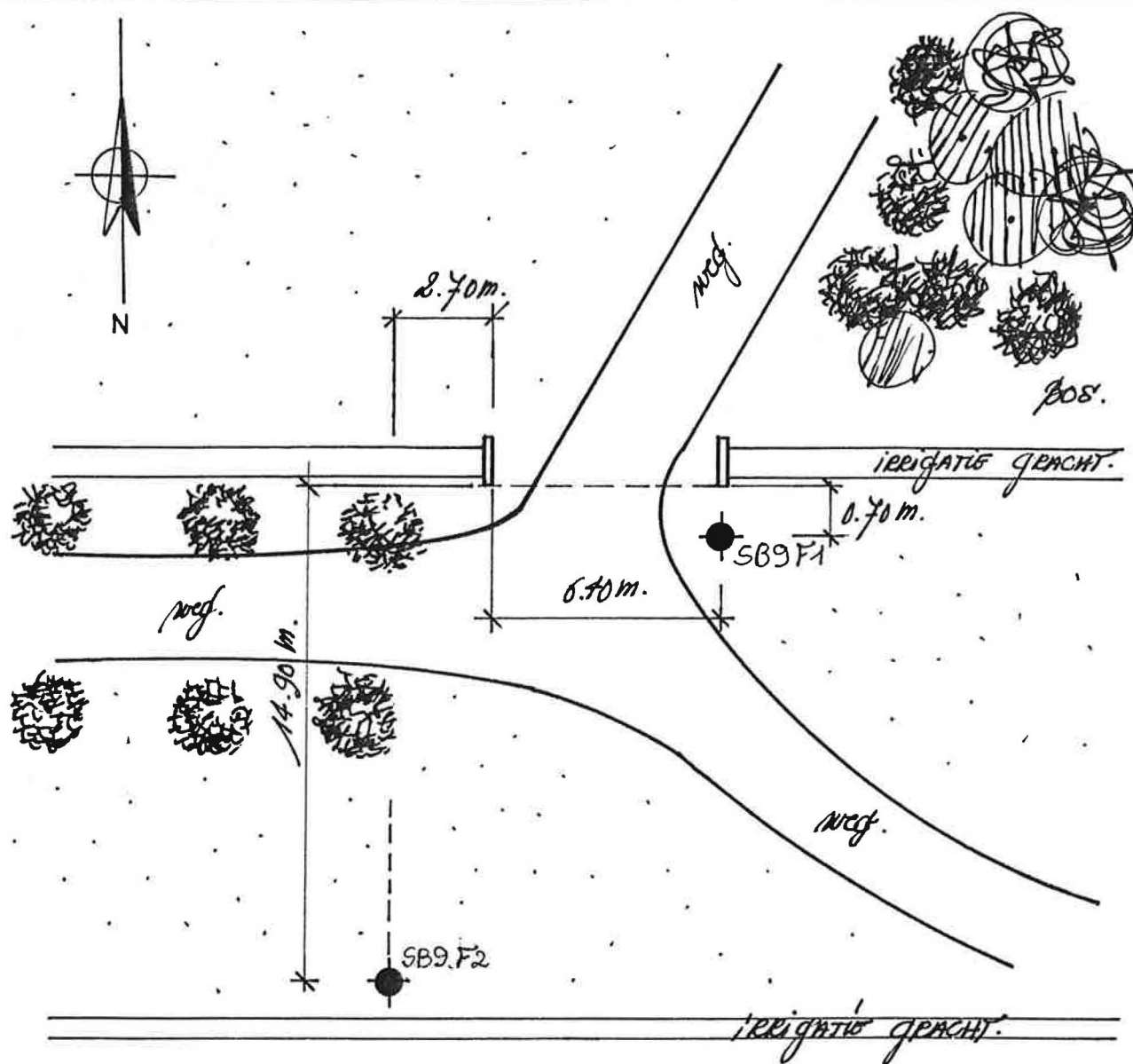
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: SB9

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2.



rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

onderzoek

nr.: TGO 84/42

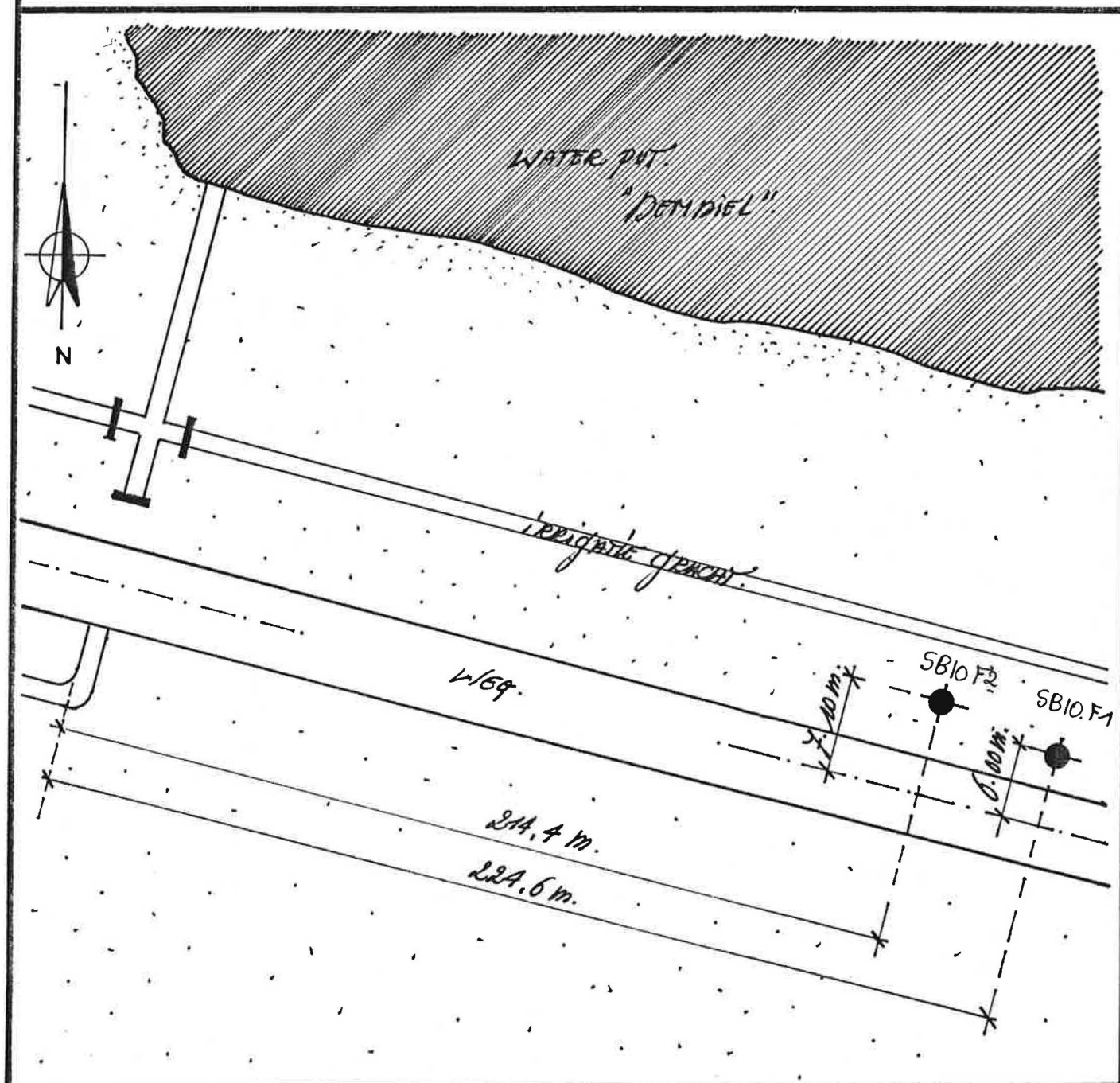
liggingsplan

proef nr.: SB10

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2



rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

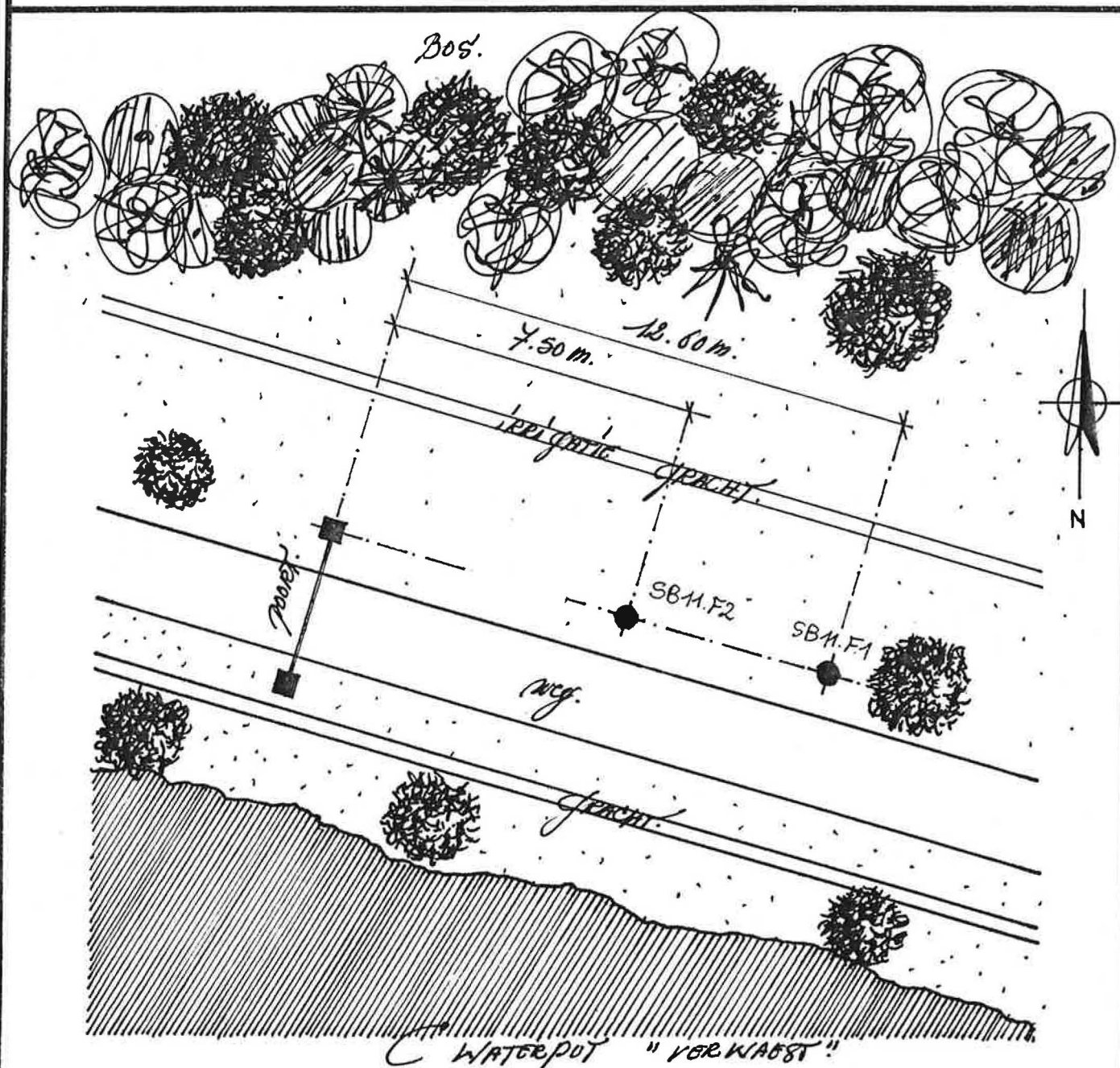
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: SB11

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2.



rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

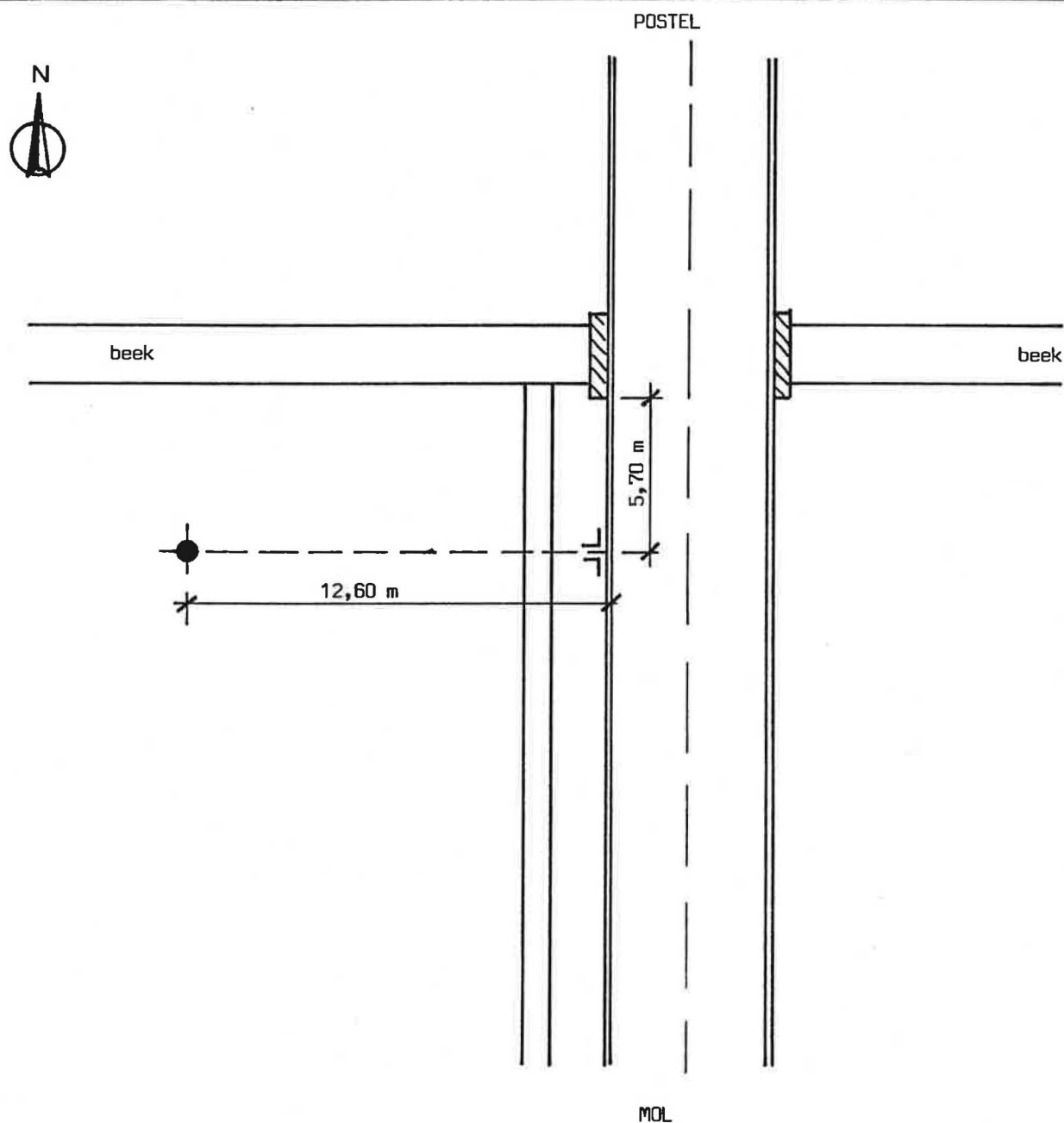
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: HB1

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2.



rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

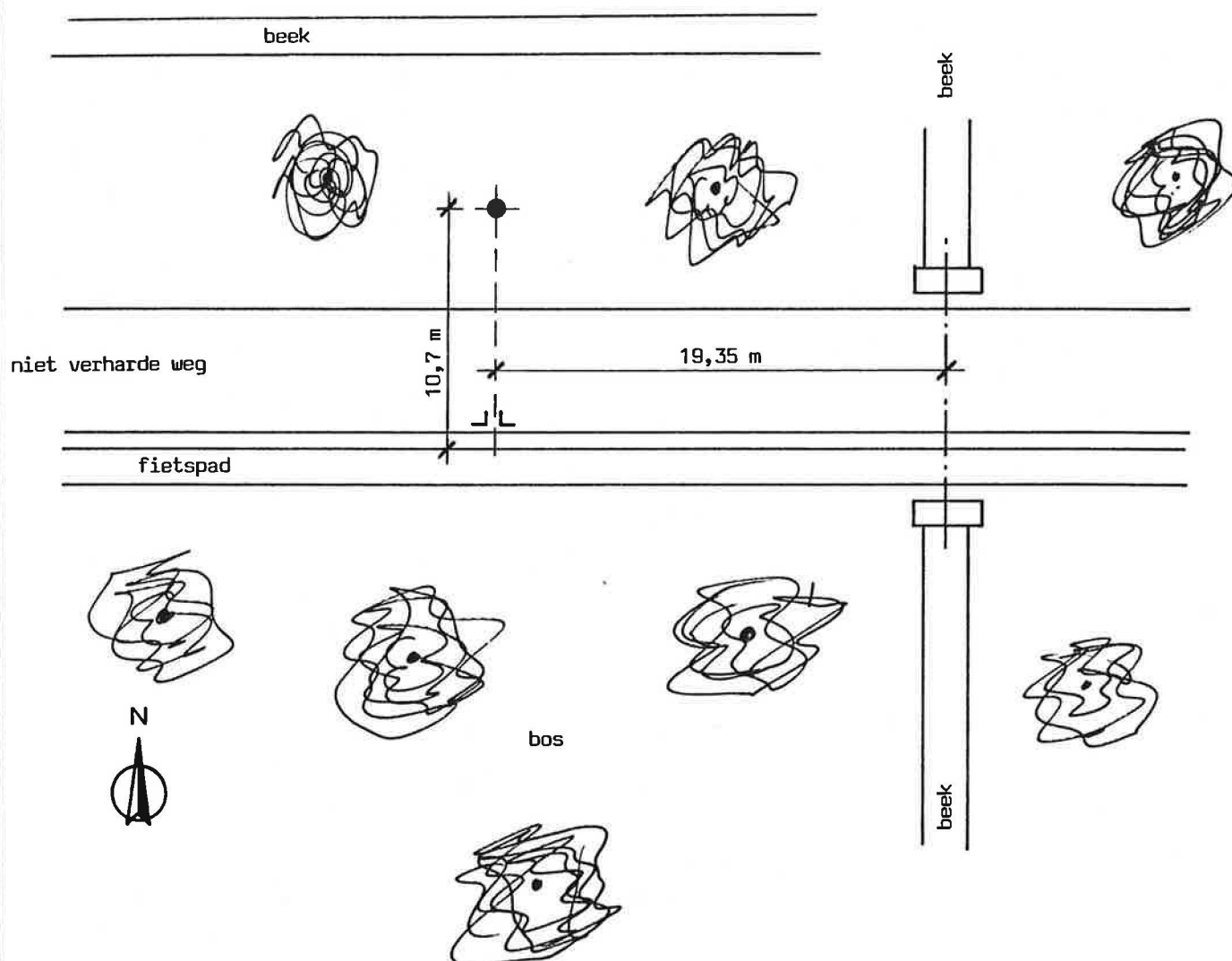
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: HB17

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2



rijksuniversiteit gent
leerstool voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Bréuck

L T G

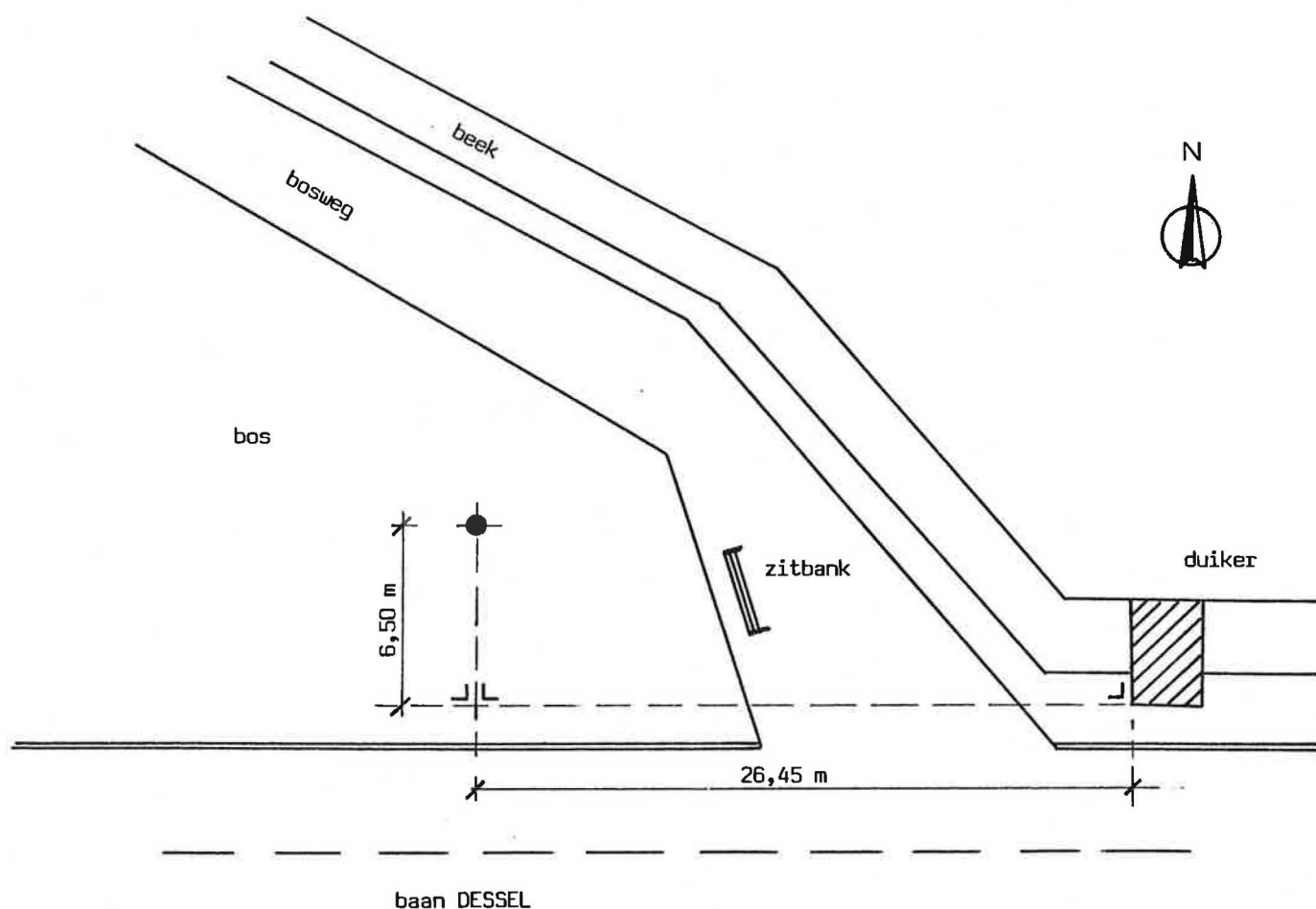
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.: HB18

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI: MOL 17/2

lamert coördinaten :
zie tabel 2



rijksuniversiteit gent
leerstool voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

onderzoek

nr.: TGO 84/42

liggingsplan

proef nr.: HB46

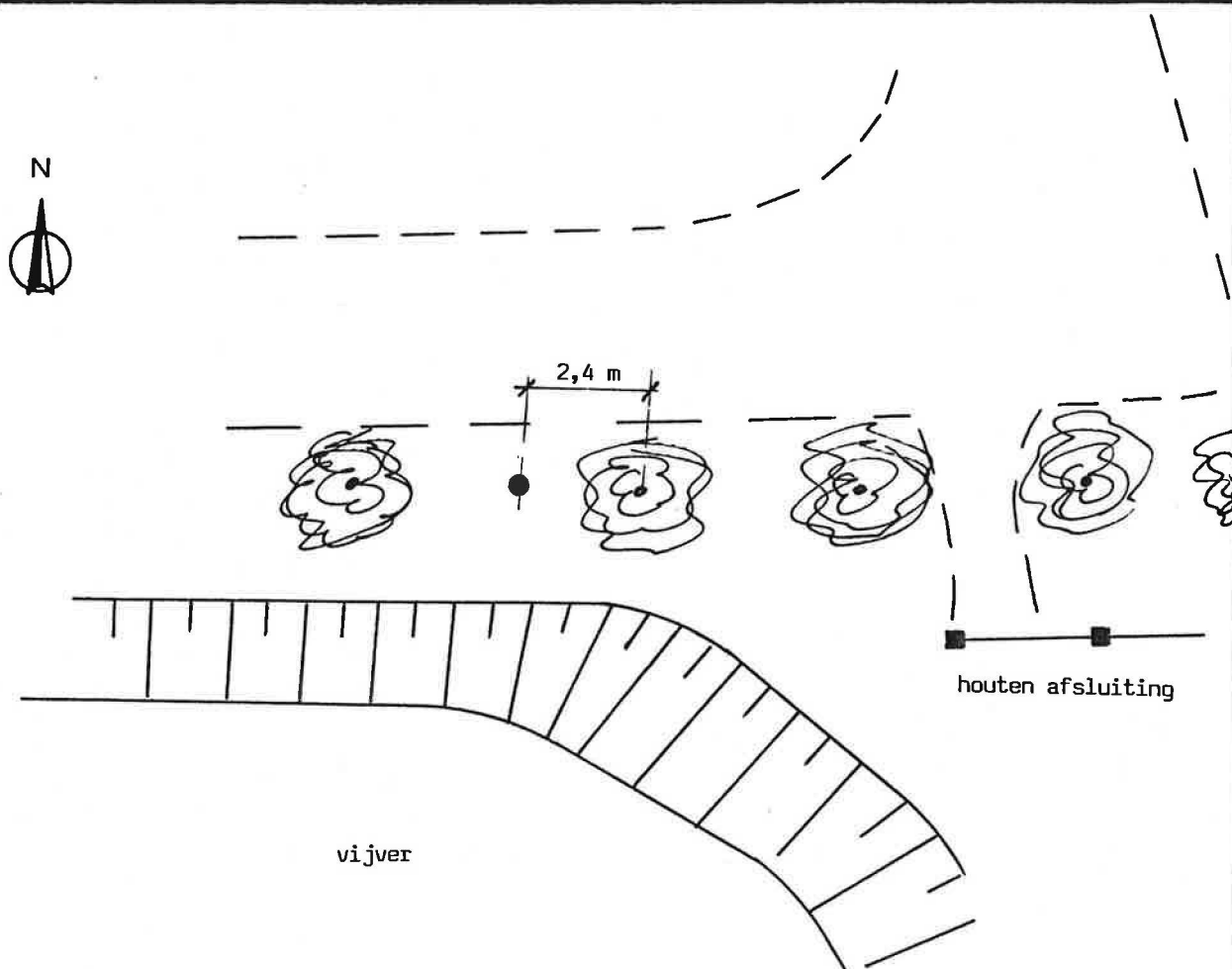
onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring

kaartblad NGI: MOL 17/2

lambert coördinaten :

zie tabel 2



rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTG

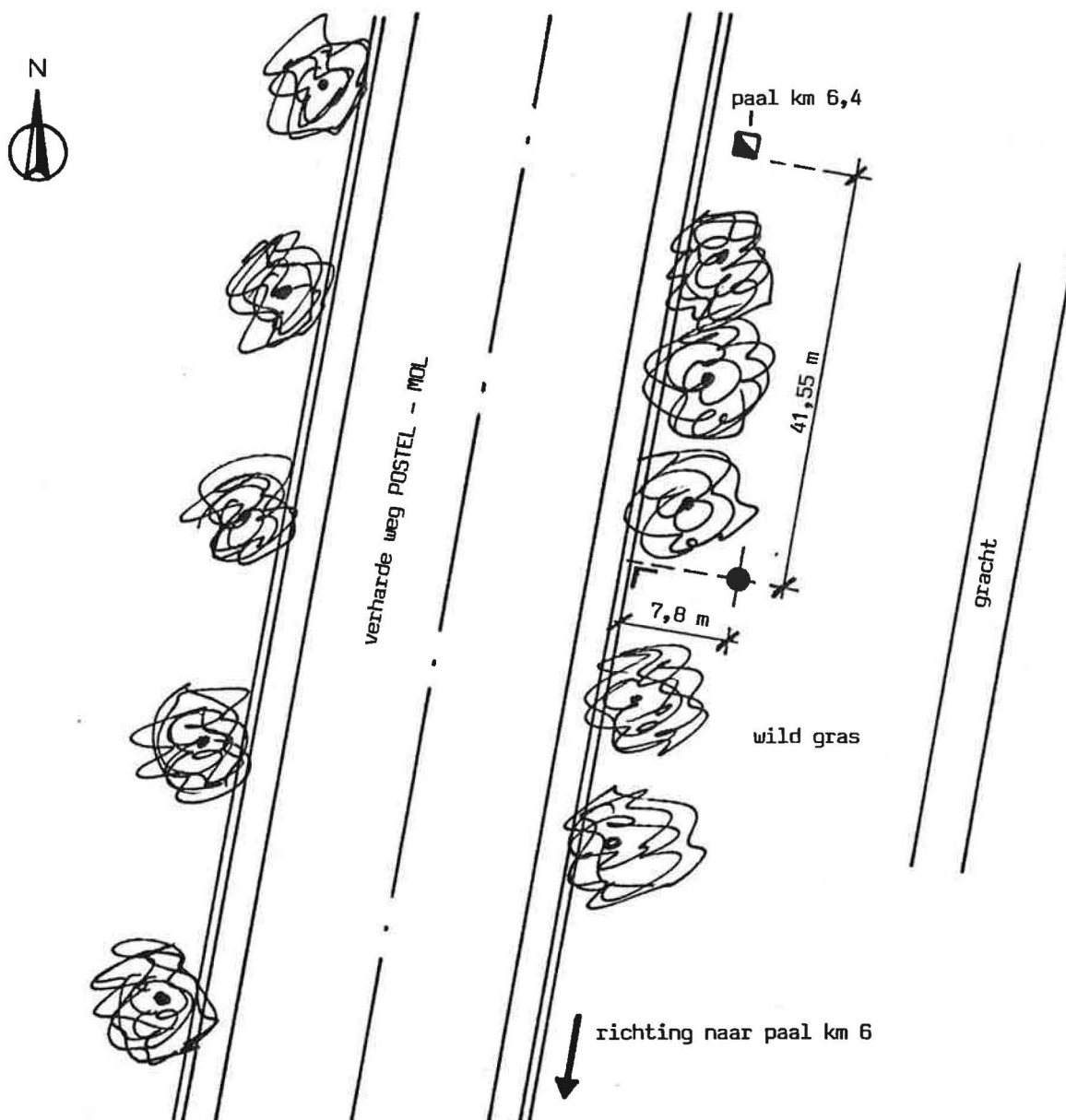
onderzoek
nr. : TGO 84/42

liggingsplan
proef nr. : HB49

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : spoelboring
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2.



rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

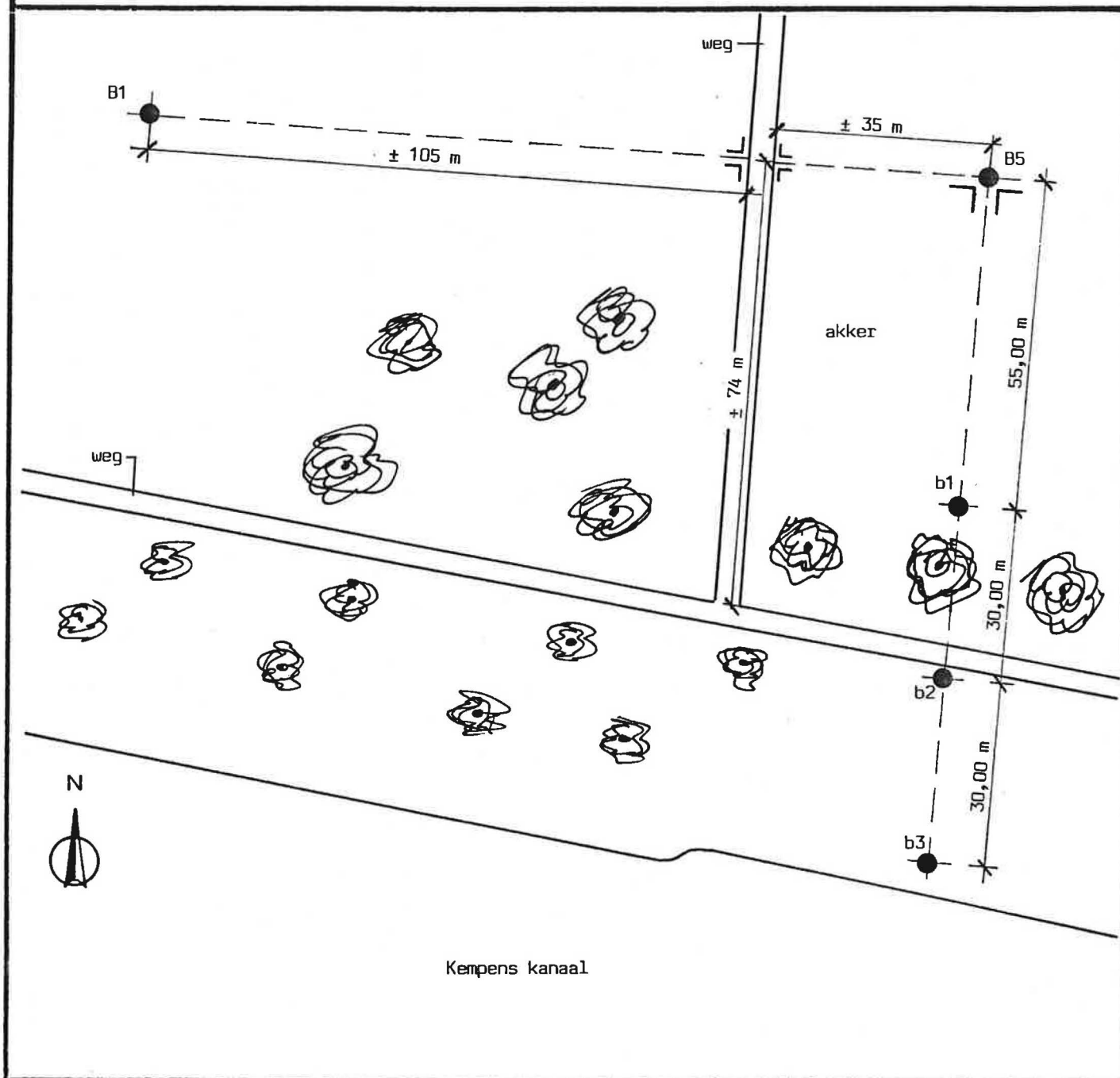
onderzoek
nr.: TGO 84/42

liggingsplan
proef nr.:
RB1, B5, b1, b2, b3

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

proef : droge boring (Rijksinstituut voor Grondmechanica)
kaartblad NGI : MOL 17/2

lambert coördinaten :
zie tabel 2



BIJLAGE 3 : BOORBESCHRIJVINGEN VAN DE BORINGEN SB 1 TOT EN
MET SB 11

rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTG

onderzoek
nr.: TGO 84/42

boorstaat
nr.: SB1

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel

datum : 11.03.1986

lambert coördinaten :

boorwijze : gespoeld

x = 208 945 **y =** 214 795

filterdiepte(n) : 27 - 29

(m - maaiveld)

hoogte maaiveld :

z = + 40,12 **(m + TAW)**

nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
	Bruinzwart fijn zand met grintfragmenten (tot 3 mm)	0	1,5
	Grijsbruin fijn zand met grintfragmenten (tot 3 mm)	1,5	2
	Bleekbruin fijn zand	2	12
	Bruin fijn zand met enkele veen- en leembrokjes (tot 3 mm)	12	21
	Bruin fijn zand met houtfragmenten en veenbrokken	21	22,4
	Ligniet, harde laag	22,4	24,2
	Klei	24,2	25
	Kleihoudend zand	25,0	25,5
	Bruin fijn zand met enkele veenbrokjes, keitjes	25,5	32,0
	SB2, SB3, SB4, SB5, SB6 zie beschrijving SB1.		

rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie

Prof. Dr. W. De Breuck

LTG

onderzoek

nr. : TGO 84/42

boorstaat

nr. : SB7

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel

datum : 19.03 - 21.03.1986

lambert coördinaten :

boorwijze : gespoeld

x = 209 157 **y =** 214 700

filterdiepte(n) : 29 - 30

(m - maaiveld)

hoogte maaiveld :

z = + 40,79 (m +TAW)

nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
	Zwartgrijs fijn zand	0	1
	Zwartgrijs fijn zand met grint en veenbrokken (tot 3 mm)	1	1,30
	Bruin fijn zand met veenbrokken	1,30	2,00
	Bruin fijn zand met grint op 2,5 m	2,00	4,00
	Bruin fijn zand met veenresten	4,00	10,00
	Lichtbruin fijn zand met weinig veenbrokjes	10,00	22,80
	Ligniet	22,80	25,20
	Klei	25,20	26,60
	Kleihoudend fijn zand	26,60	26,80
	Klei	26,80	27,10
	Lichtbruin fijn zand	27,10	32,00

rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie
Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

onderzoek

nr. : TGO 84/42

boorstaat

nr. : SB8

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

datum : 24.03 - 25.03.86

lambert coördinaten :

boorwijze : gespoeld

x = 208 695 **y =** 214 745

filterdiepte(n) : 29 - 30

(m - maaiveld)

hoogte maaiveld :

z = + 39,15 **(m + TAW)**

nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
	Zwartbruin fijn zand	0	0,70
	Grint (tot 40 mm) + klei	0,70	1,10
	Bruin fijn zand	1,10	1,40
	Zwartbruin fijn zand met houtresten, enkele kleihoudende lensjes	1,40	9,00
	Lichtbruin fijn zand	9,00	9,40
	Zwartbruin fijn zand met houtresten, enkele kleihoudende lensjes	9,40	10,00
	Zwartbruin fijn zand, kleihoudend fijn zand en kleilensjes op 12,40 en 13,80	10,00	21,60
	Ligniet, ligniethoudende klei	21,60	23,95
	Klei	23,95	24,40
	Bleekbruin fijn zand	24,40	32,00

rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie

Prof. Dr. W. De Breuck

LTC

onderzoek

nr. : TGO 84/42

boorstaat

nr. : SB9

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

datum : 26.03 - 28.03.1986

lambert coördinaten :

boorwijze : gespoeld

x = 208 280 **y =** 214 855

filterdiepte(n) : 28 - 29

(m - maaiveld)

hoogte maaiveld :

z = + 38,60 (m + TAW)

nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
	Bleekbruin fijn zand	0	1,5
	Zwartbruin fijn zand met kleihoudende lensjes	1,5	4,2
	Kleihoudend fijn zand (hard)	4,20	5,0
	Zwartbruin fijn zand tot kleihoudend fijn zand	5,00	20,75
	Ligniet	20,75	22,75
	Klei	22,75	23,75
	Bruin fijn zand	23,75	30,00

rijksuniversiteit gent
leerstool voor
toegepaste geologie

LTC

Prof. Dr. W. De Breuck

onderzoek

nr. : TGO 84/42

boorstaat

nr. : SB10

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

datum : 07.04 - 08.04.1986

lambert coördinaten :

boorwijze : gespoeld

x = 208 048 **y =** 214 942

filterdiepte(n) : 14,0 - 15,0

(m - maaiveld)

hoogte maaiveld :

z = + 35,13 **(m +TAW)**

nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
	Zwartbruin fijn zand	0,0	4,0
	Zwartbruin fijn zand met kleihoudende lenzen	4,0	6,0
	Zwartbruin kleihoudend fijn zand	6,0	6,8
	Zwartbruin fijn zand	6,8	7,3
	Ligniet	7,3	9,4
	Klei	9,4	10,0
	Wit zand	10,0	28,0
	Grijs fijn zand	28,0	32,0

rijksuniversiteit gent
leerstoel voor
toegepaste geologie

LTC

Prof. Dr. W. De Breuck

onderzoek

nr. : TGO 84/42

boorstaat

nr. : SB11

onderzoek : Hydrogeologische studie van de geplande moderniseringswerken aan het
Kempens Kanaal nabij de Blauwe Kei te Mol-Lommel.

datum : 9.04 - 10.04.1986

lambert coördinaten :

boorwijze : gespoeld

x = 207 720 **y =** 214 063

filterdiepte(n) : 14,0 - 15,0

(m - maaiveld)

hoogte maaiveld :

z = + 35,22 (m +TAW)

nr.	aard van de grondmonsters	diepte (m)	
		van	tot
	Bruin fijn zand	0	6,20
	Ligniet	6,20	8,40
	Klei	8,40	9,15
	Kleihoudend fijn zand	9,15	9,30
	Wit fijn zand met enkele kleilensjes	9,30	14,0
	Wit fijn zand	14,0	20,0
	Wit fijn zand, grover naar onder toe	20,0	27,3
	Grijs fijn zand met grove korrels (2 mm)	27,30	32,00

BIJLAGE 4 : GEOFYSISCHE BOORGATMETINGEN VAN DE BORINGEN
SB 1, SB 7, SB 8, SB 9, SB 10 EN SB 11.

RIJPTJE PIEL
m 100

40
35
30
25
20
15
10
5
0

ZIE LITOLOGISCHE DOORSNEDE

DIAMETER

SPONTANE
POTENTIAL

ELEKTRISCHE
PUNTWEERSTAND

RESISTIVITEIT
LN (-) / SN (++)

NATUURLIJKE
GAMMA

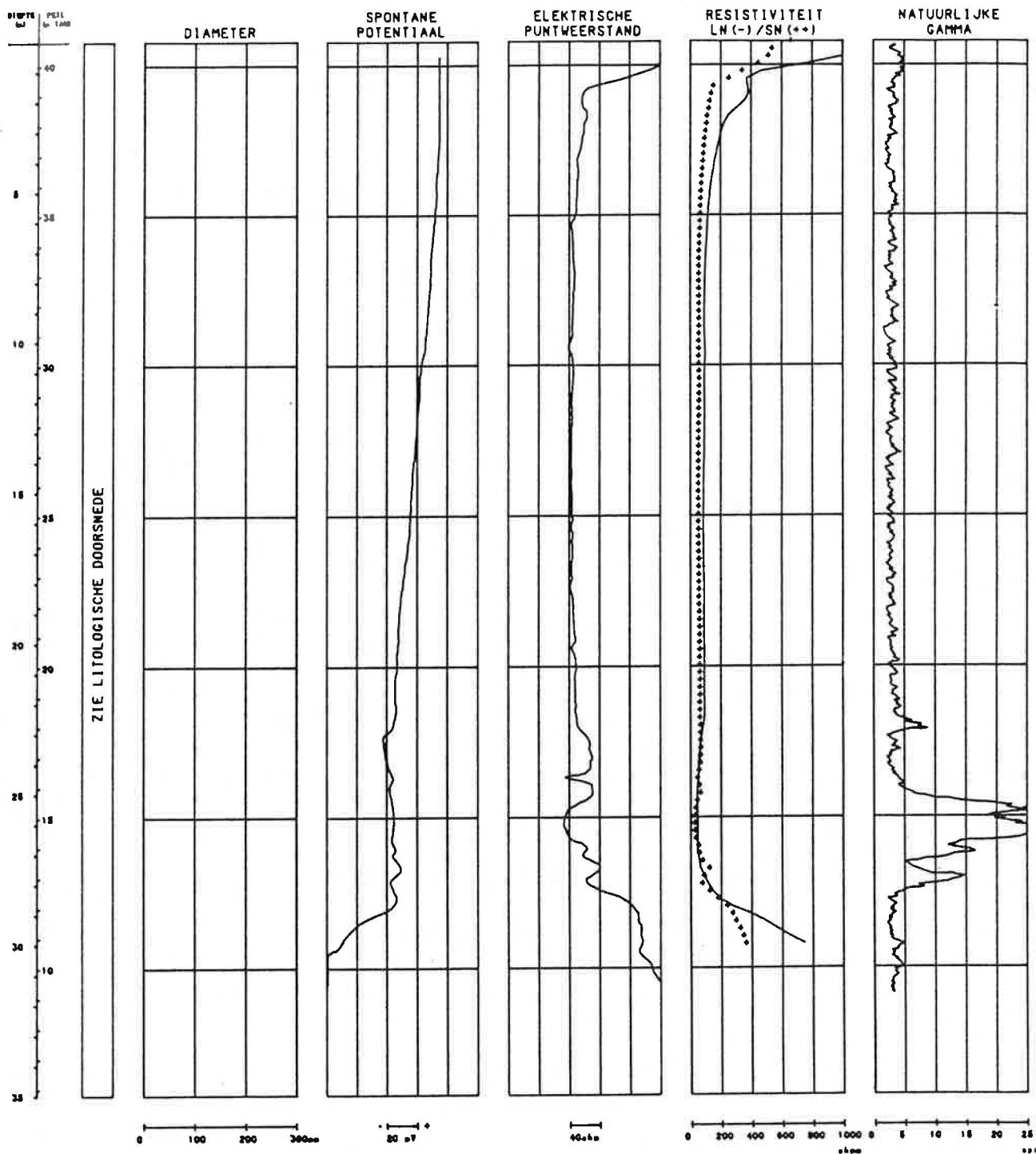
0 100 200 300mm

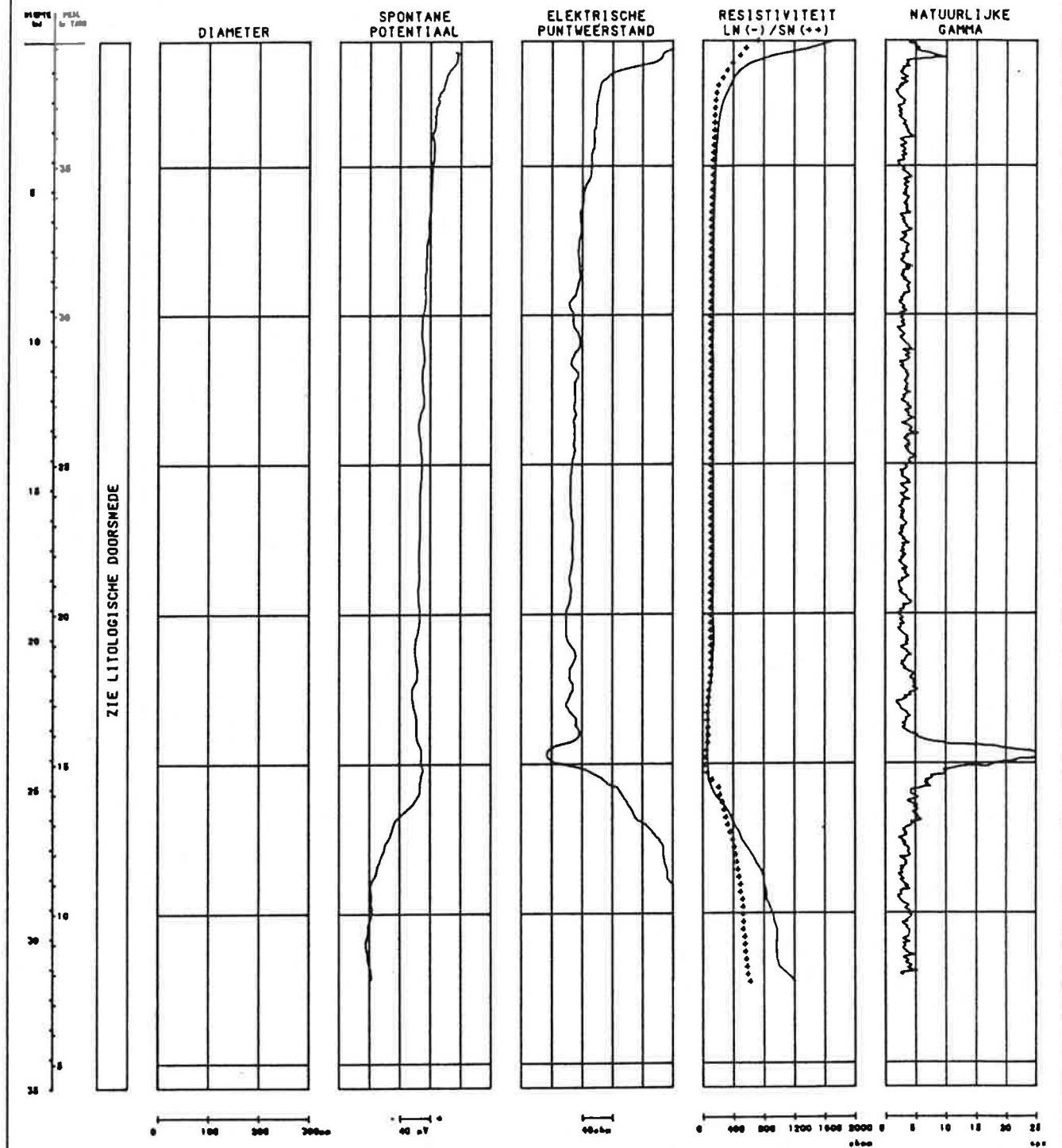
20 mV

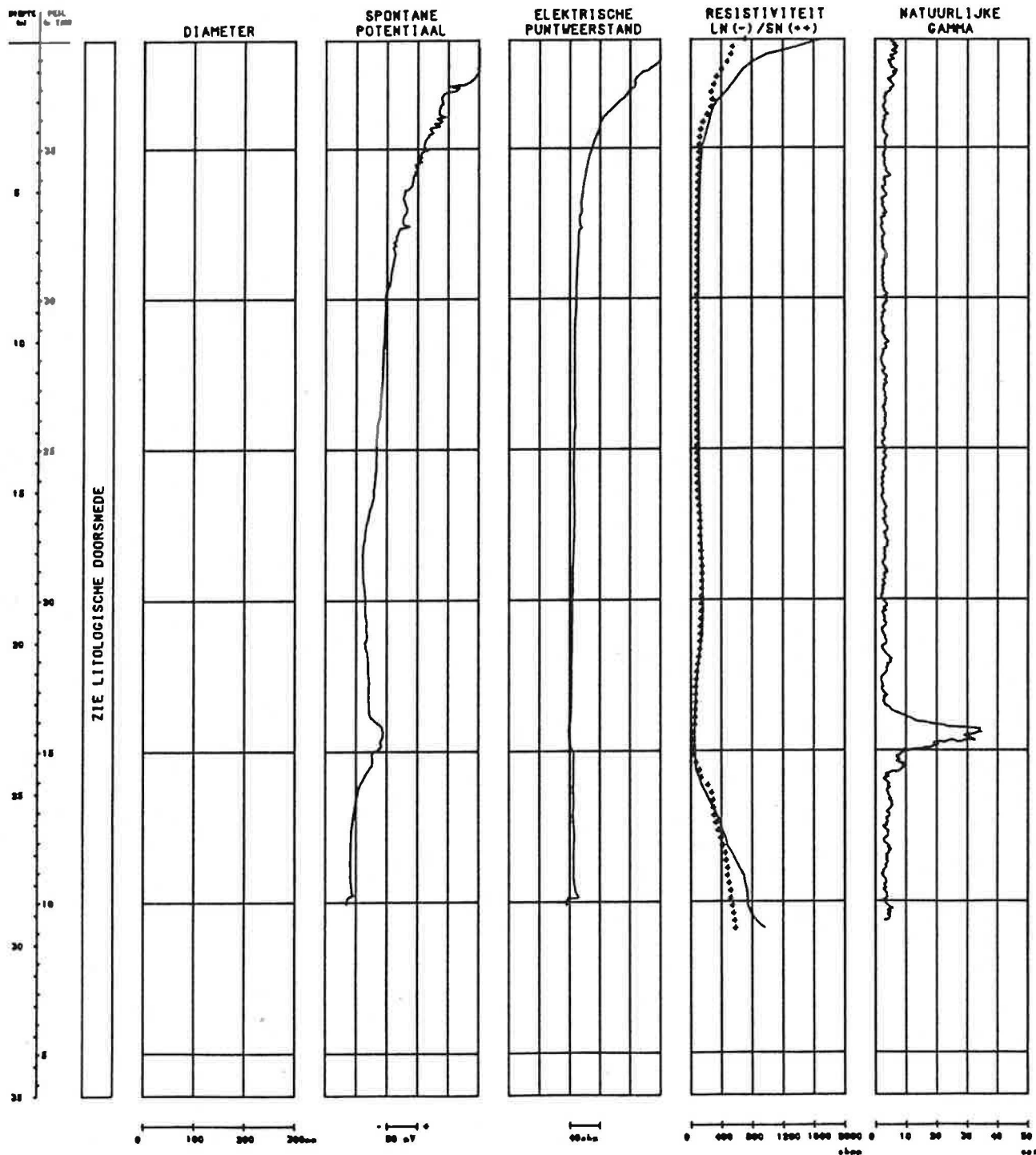
40ohm

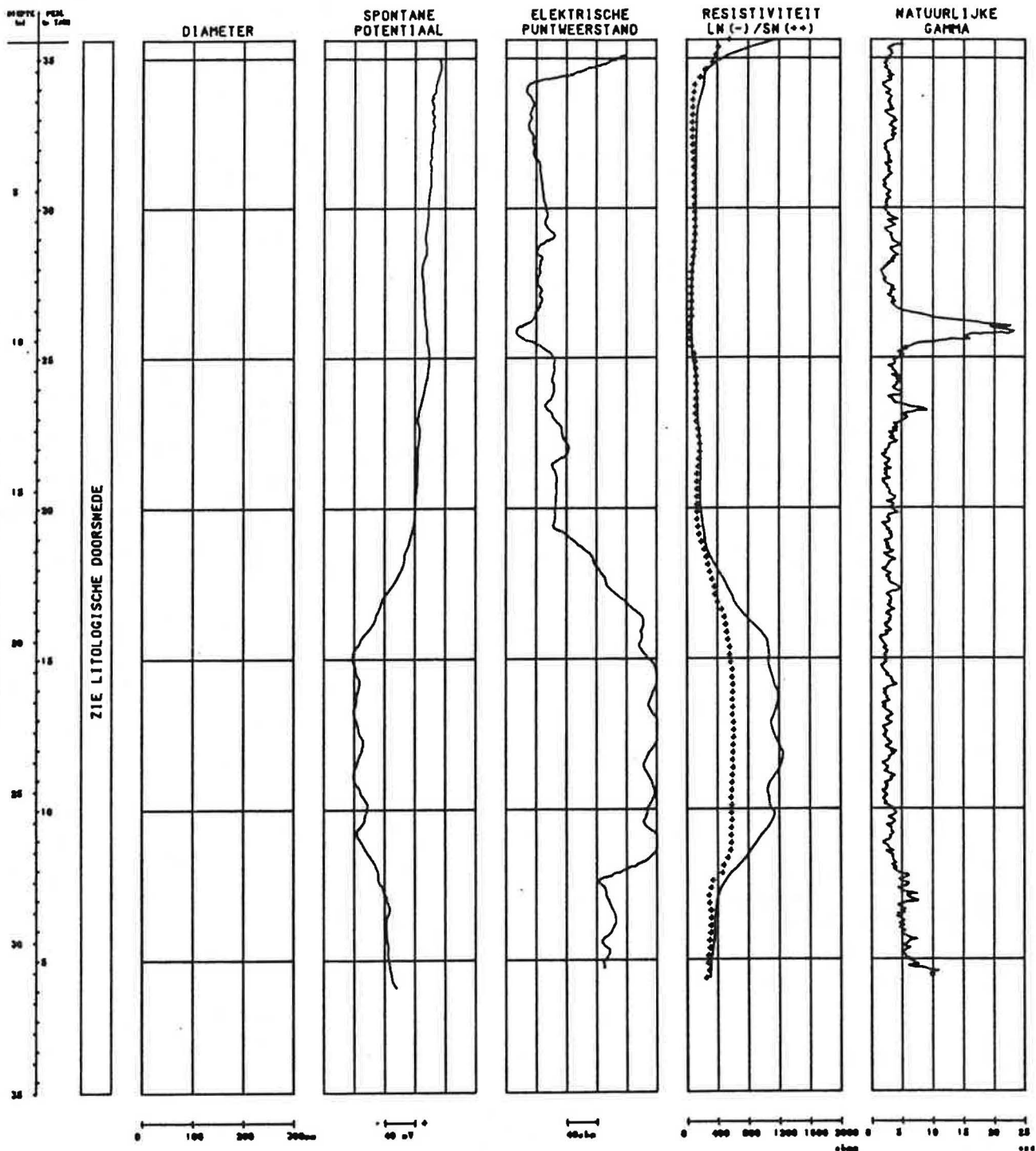
0 100 200 300 400 500 ohm

0 5 10 15 20 25 cps









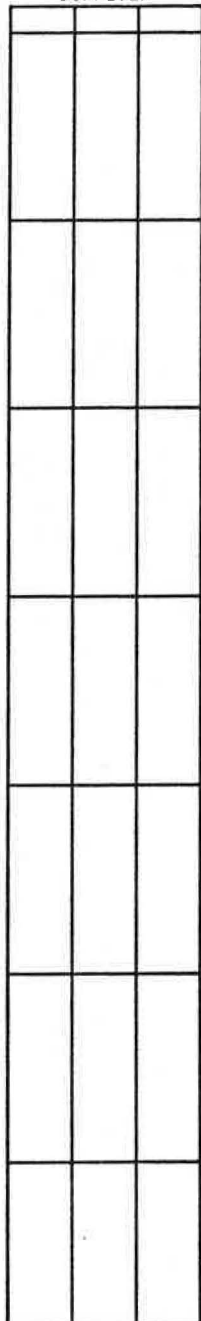
HOOGTE
m

PCN
m

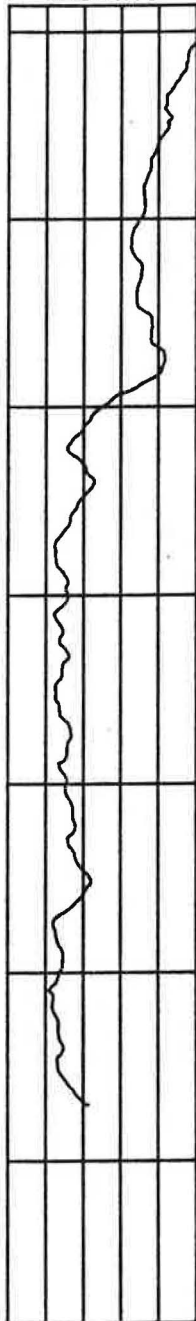


ZIE LITOLOGISCHE DOORSNEDEN

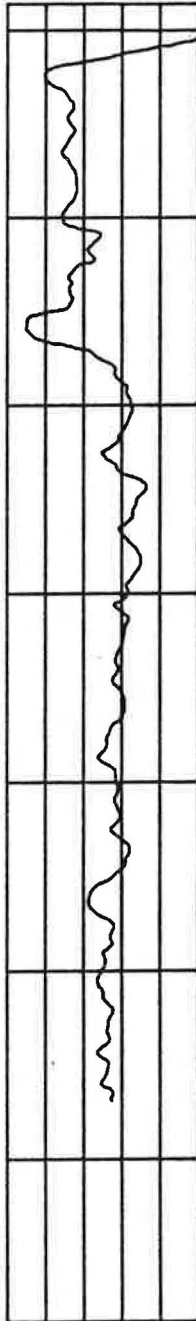
DIAMETER



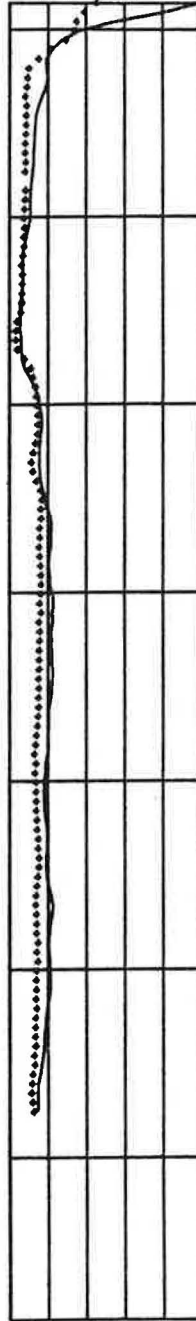
SPONTANE
POTENTIAAL



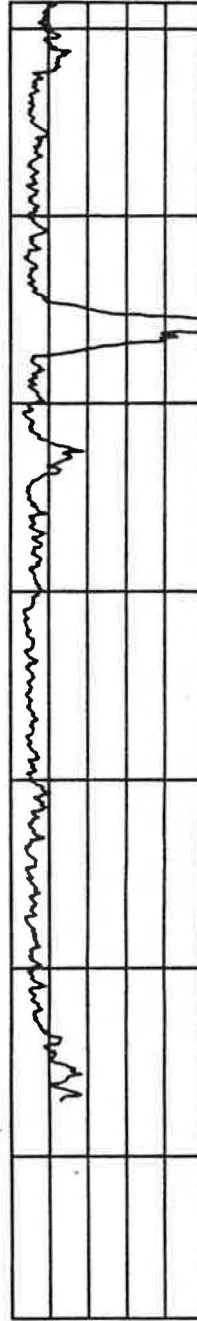
ELEKTRISCHE
PUNTWEERSTAND



RESISTIVITEIT
LN (-) / SN (++)



NATUURLIJKE
GAMMA



0 100 200 300 cm

- 10 mV

20 Ohm-cm

0 200 400 600 800 1000 Ohm-cm

0 5 10 15 20 25 cps